



الكوارث الطبيعية (الجزء النظري)



السنة: الثانية

قسم: العلوم البيئية

منشورات جامعة دمشق

كلية العلوم

الكوارث الطبيعية الجزء النظري

الدكتور

عبد الرحمن محيي الدين السفرجلاني
أستاذ في قسم العلوم البيئية

2015 – 2016م

1436 – 1437هـ

جامعة دمشق



الفهرس

الصفحة	الموضوع
15	المقدمة
17	تعريف
23	تصنيف الكوارث الطبيعية
27	الباب الأول
27	الكوارث الطبيعية خارجية المنشأ ذات المنشأ الكوني أو الثقالي
29	1- الفصل الأول
29	سقوط الشهب والنيازك
29	1-1- المقدمة
30	1-2- تصنيف النيازك والشهب
33	1-3- الفوهات الناجمة عن اصطدام النيازك
37	1-4- الكوارث الطبيعية الناتجة عن سقوط النيازك
41	2- الفصل الثاني
41	الانزلاقات الأرضية والانهياريات الصخرية والانزلاقات الطينية والتدفقات الترابية وعمليات زحف التربة، والانهياريات الثلجية وتعرية تآكل الشواطئ
41	1-2- المقدمة
41	2-2- العوامل المؤدية إلى الحوادث الثقالية
43	2-3- التقسيم العام لعمليات الحوادث الثقالية
44	2-3-1- الانزلاقات والانهياريات الأرضية سريعة الحركة
44	2-3-1-1- تساقط الصخور والحطام الصخري
45	2-3-1-2- انزلاق الصخور "الانزلاق الأرضي المستوي"
45	2-3-1-3- الانهياريات الصخرية
46	2-3-1-4- سيول الفتات الصخري
47	2-3-1-5- التدفق الطيني "اللاهارة"

48	2-3-1-6- الانهيار الثلجي والجليدي "التيهور"
48	2-3-1-7- هبوط التوضعات الصخرية
49	2-3-1-8- تدفق التراب
50	2-3-1-9- الانزلاق الأرضي الدوراني
51	2-3-2- الانزلاقات والانهيارات الأرضية بطيئة الحركة
51	2-3-2-1- زحف التربة
52	2-3-2-2- الهبوطات الأرضية
52	2-3-2-3- تعرية "تآكل" الشواطئ
54	2-4- أشهر الكوارث الناتجة عن الانهيارات والانزلاقات الأرضية
55	2-5- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من الانهيارات والانزلاقات الأرضية والحد من خسائرها

الباب الثاني

57	الكوارث الطبيعية ذات المنشأ الباطني أو الكوارث ذات المنشأ "التكتوني"
----	--

3- الفصل الثالث

59	3- البراكين والنشاط البركاني
59	3-1- المقدمة
62	3-2- التوزيع الجغرافي للبراكين
63	3-3- المقذوفات البركانية
65	3-4- أنواع البراكين
69	3-5- إمكانية التنبؤ بثوران البراكين
69	3-6- الآثار السلبية والإيجابية للنشاط البركاني والبراكين
70	3-6-1- الآثار السلبية للنشاط البركاني والبراكين
72	3-6-2- الآثار الإيجابية للنشاط البركاني والبراكين
75	3-7- أشهر الكوارث الناتجة عن البراكين والنشاط البركاني

- 78 3-8- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من النشاط البركاني والبراكين
والحد من خسائرها

4- الفصل الرابع

81

الزلازل والهزات الأرضية

- 81 4-1- المقدمة
- 82 4-2- بؤرة الزلزال ومركزه
- 84 4-3- تحديد المركز السطحي للزلزال
- 84 4-4- أسباب حدوث الزلازل والهزات الأرضية
- 87 4-5- أحزمة النشاط الزلزالي
- 88 4-6- أنواع الموجات الزلزالية
- 91 4-7- حجم الزلزال ومدى خطورته
- 94 4-8- إمكانية التنبؤ في حدوث الزلازل
- 96 4-9- الكوارث الطبيعية المرتبطة بالزلازل والهزات الأرضية
- 96 4-10- أشهر الزلازل التي شهدها العالم
- 101 4-11- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من الزلازل والهزات الأرضية
والحد من خسائرها

5- الفصل الخامس

105

أمواج التسونامي

- 105 5-1- المقدمة
- 106 5-2- أسباب تشكل أمواج التسونامي
- 109 5-3- آلية تشكل أمواج التسونامي
- 112 5-4- الاختلاف بين أمواج التسونامي والأمواج البحرية والتيارات المد
والجزر
- 113 5-5- إمكانية التنبؤ في حدوث أمواج التسونامي
- 113 5-6- الكوارث الطبيعية المرتبطة بأمواج التسونامي
- 114 5-7- أشهر حوادث أمواج التسونامي التي شهدها العالم

- 118 5-8- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر أمواج التسونامي
والحد من خسائرها

6- الفصل السادس

121

الشقوق والفوالق الأرضية

- 121 6-1- المقدمة
- 121 6-2- أسباب تشكل الشقوق والفوالق الأرضية
- 121 6-3- أنواع الشقوق والفوالق الأرضية
- 122 6-3-1- أنواع الشقوق الأرضية
- 129 6-3-2- أنواع الفوالق الأرضية
- 131 6-4- الآثار السلبية والإيجابية للشقوق والفوالق الأرضية
- 131 6-4-1- الآثار السلبية للشقوق والفوالق الأرضية
- 132 6-4-2- الآثار الإيجابية للشقوق والفوالق الأرضية
- 132 6-5- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر الشقوق والفوالق
الأرضية والحد من خسائرها

الباب الثالث

135

الكوارث الطبيعية سطحية المنشأ أو الكوارث ذات الأصل المناخي

7- الفصل السابع

137

الفيضانات والسيول

- 137 7-1- المقدمة
- 138 7-2- أسباب حدوث الفيضانات
- 139 7-3- أنواع الفيضانات
- 140 7-4- إمكانية التنبؤ بحدوث فيضانات
- 141 7-5- الكوارث الطبيعية المرتبطة بالفيضانات
- 142 7-6- الآثار السلبية والإيجابية المرتبطة بالفيضانات
- 142 7-6-1- الآثار السلبية المرتبطة بالفيضانات
- 143 7-6-2- الآثار الإيجابية المرتبطة بالفيضانات

- 144 7-7 أشهر الفيضانات التي شهدها العالم
148 8-7 أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر الفيضانات والسيول
والحد من خسائرها

8- الفصل الثامن

151

العواصف والأعاصير

- 151 1-8- المقدمة
153 2-8- أنواع العواصف والأعاصير
153 2-8-1- العواصف الرملية والترابية
154 2-8-1-1- آليات تشكل العواصف الرملية والترابية
156 2-8-1-2- الهطولات المطرية والعواصف الرملية والترابية
156 2-8-1-3- ألوان العواصف الرملية والترابية
157 2-8-1-4- أوقات حدوث العواصف الرملية والترابية
157 2-8-1-5- دور العواصف الرملية والترابية في تغير حالة الطقس
157 2-8-1-6- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الرملية
والترابية
158 2-8-1-7- التنبؤ المبكر بحدوث العواصف الرملية والترابية
158 2-8-1-8- طرائق الحد من مخاطر العواصف الرملية والترابية
159 2-8-2- العواصف الثلجية والجليدية
159 2-8-2-1- آليات تشكل العواصف الثلجية والجليدية
160 2-8-2-2- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الثلجية
والجليدية
160 2-8-3- العواصف الرعدية والبرقية
161 2-8-3-1- آليات تشكل العواصف الرعدية والبرقية
162 2-8-3-2- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الرعدية
والبرقية
162 2-8-4- الأعاصير

165	1-4-2-8- الأجزاء الرئيسية للإعصار
166	2-4-2-8- تصنيف الأعاصير
168	3-4-2-8- تسمية الأعاصير المدارية الاستوائية "الحلزونية"
170	4-4-2-8- مراحل تكون الأعاصير المدارية الاستوائية "الحلزونية"
173	5-2-8- الأعاصير القمعية "التورنادو"
174	1-5-2-8- مراحل تكون الأعاصير القمعية "التورنادو"
175	3-8- الأضرار والفوائد الناجمة عن الأعاصير
176	4-8- التنبؤ بحدوث العواصف والأعاصير
178	5-8- أشهر الأعاصير المدمرة التي شهدها العالم
183	9- الفصل التاسع التغيرات المناخية
183	1-9- المقدمة
185	2-9- تعريف التغير المناخي
185	3-9- أسباب حدوث التغيرات المناخية
189	4-9- الكوارث الطبيعية الناتجة عن التغيرات المناخية
193	5-9- طرائق الحد من الآثار السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية
195	10- الفصل العاشر الجفاف والتصحر
195	1-10- المقدمة
196	2-10- تعريف الجفاف
197	3-10- أنواع الجفاف
197	1-3-10- الجفاف المناخي أو الميتورولوجي
197	2-3-10- الجفاف الزراعي
197	3-3-10- الجفاف الهيدرولوجي
198	4-10- أسباب الجفاف
198	1-4-10- الأسباب الطبيعية

199	10-4-2- الأسباب البشرية
199	10-5- الكوارث الطبيعية الناتجة عن الجفاف
200	10-6- طرائق الحد من آثار الجفاف
201	10-7- تعريف التصحر
202	10-8- أنواع "درجات" التصحر
203	10-8-1- التصحر الخفيف
203	10-8-2- التصحر المعتدل
203	10-8-3- التصحر الشديد
203	10-8-4- التصحر الشديد جداً
203	10-9- أسباب التصحر
203	10-9-1- أسباب التصحر الطبيعية
205	10-9-2- أسباب التصحر البشرية
208	10-10- الكوارث الطبيعية الناتجة عن التصحر
209	10-11- طرائق الحد من آثار التصحر
213	11- الفصل الحادي عشر
	زوال الغابات
213	11-1- المقدمة
214	11-2- أهمية الغابات
215	11-3- أسباب زوال الغابات
215	11-3-1- الحرائق
217	11-3-2- أسباب إثمائية
218	11-3-3- القطع الجائر لأشجار الغابات
218	11-3-4- الزحف والتوسع العمراني
219	11-3-5- سوء إدارة الغابات
219	11-3-6- الحروب

219	11-3-7- الحشرات الضارة والأمراض النباتية
220	11-3-8- الأمطار الحامضية
221	11-3-9- التغيرات المناخية
221	11-4- الكوارث الطبيعية الناتجة عن زوال الغابات
222	11-5- طرائق الحد من زوال الغابات
225	12- الفصل الثاني عشر
225	موجات الحرارة المتطرفة
225	12-1- المقدمة
226	12-2- أنواع موجات الحرارة المتطرفة
235	12-3- الكوارث الناتجة عن موجات الحرارة المتطرفة
235	12-4- طرائق مكافحة الآثار السلبية الناتجة عن موجات الحرارة المتطرفة
237	13- الفصل الثالث عشر
237	ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية
237	13-1- المقدمة
238	13-2- أسباب ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية
238	13-2-1- النشاط البركاني والبراكين
238	13-2-2- التغيرات المناخية وارتفاع درجة حرارة الأرض
241	13-2-3- الانبعاث المتزايد لغازات الدفيئة
241	13-3- الكوارث الطبيعية الناتجة عن ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية
242	13-4- طرائق الحد من ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية
245	الباب الرابع
245	14- الفصل الرابع عشر
245	الكوارث البيولوجية
245	14-1- المقدمة

246	2-14- الأمراض والأوبئة التي تطلال الإنسان
246	1-2-14- أسباب الأمراض والأوبئة
247	2-2-14- نواقل الأمراض والأوبئة
247	3-2-14- أهم الأمراض الوبائية
247	1-3-2-14- الطاعون
247	2-3-2-14- السل
248	3-3-2-14- الملاريا
248	4-3-2-14- الكوليرا
248	5-3-2-14- الجدري
249	6-3-2-14- حمى الضنك
249	7-3-2-14- البلهارسيا
249	8-3-2-14- التهاب السحايا
250	9-3-2-14- الحمى الصفراء
250	10-3-2-14- التيفوئيد
250	11-3-2-14- الجذام
250	12-3-2-14- الحصبة والحصبة الألمانية
251	13-3-2-14- أمراض الأورام والأمراض السرطانية
251	14-3-2-14- التهاب الكبد الوبائي
251	15-3-2-14- الإيدز أو مرض نقص المناعة المكتسبة
252	16-3-2-14- حمى الوادي المتصدع
252	17-3-2-14- الإيبولا
252	18-3-2-14- الجمرة الخبيثة
253	جدول المصطلحات العلمية
271	المراجع العلمية



بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة:

تضمن هذا المؤلف في مقدمته التعاريف المختلفة للكوارث الطبيعية، وكذلك تصنيفها تبعاً لمنشأها إلى كل من الكوارث الطبيعية خارجية المنشأ ذات المنشأ الكوني أو الثقالي وتشتمل على الكوارث الناجمة عن سقوط الشهب والنيازك، والانهيارات والانهيالات الأرضية، والكوارث الطبيعية خارجية المنشأ ذات المنشأ الباطني أو الكوارث ذات المنشأ التكتوني وتضم الكوارث الناتجة عن البراكين والنشاط البركاني، وكذلك المراقبة للزلازل والهزات الأرضية وأمواج التسونامي وكل من التشققات والتصدعات الأرضية. والكوارث الطبيعية سطحية المنشأ أو الكوارث ذات الأصل المناخي وتضمنت الكوارث المرتبطة بالفيضانات والسيول، والعواصف والأعاصير، والتغيرات المناخية، والجفاف والتصحر، وزوال الغابات والغطاء النباتي، وموجات الحرارة الحدية المتطرفة وذوبان التوضعات الجليدية والتجوية. وأخيراً الكوارث الطبيعية ذات المنشأ البيولوجي واقتصر هذا الفصل على استعراض أهم الأمراض والأوبئة التي تعرضت لها المجتمعات البشرية.

وتم اختيار موضوعات المؤلف وإعدادها وترتيبها متفقة مع منهجية الكتب الجامعية المتخصصة في هذا المجال، ومنسجماً مع مفردات مقرر الكوارث الطبيعية "الجزء النظري" لطلاب السنة الثانية في قسم العلوم البيئية-كلية العلوم بجامعة دمشق ليكون عوناً لهم وموفراً عليهم الكثير من العناية في الرجوع إلى العديد من المراجع ذات الصلة العلمية. كما تم عرض موضوعاته بصورة بسيطة وسهلة، ضمن سياق علمي مترابط، وبأسلوب واضح ومفهوم، مع إدراج الجداول والأشكال الضرورية المتممة أو الموضحة للفكرة.

واختتم المؤلف بقائمة المصطلحات العلمية وبأسماء مراجعه العلمية العربية والأجنبية. ويمثل هذا المؤلف محاولة متواضعة لا تخلو من بعض الثغرات أو الهفوات، فأرجو أن أكون قد وفقت في صياغته، وأن يحقق الفائدة المرجوة منه، والشكر الجزيل لمن يتقدم بأي اقتراح بناء ورأي سديد أو تصحيح أو تصويب، وهذا يساعد على تفادي الهفوات وسد الثغرات مستقبلاً.

أ.د. عبد الرحمن محيي الدين السفرجلاني



تعريف:

تم تعريف الكارثة وجمعها كوارث في معاجم اللغة العربية على النحو الآتي: في قاموس المعاني أنها "النازلة عظيمة الشدة"، وفي معجم الوسيط أنها "الجائحة أو الآفة أو النكبة"، وفي معجم الغني أنها "المُصيبة العظيمة التي ينجم عنها خراب واسع" وأخيراً في معجم اللغة العربية المعاصر تُعرف الكارثة أنها المُصيبة أو النازلة الجماعية التي تحلّ بعدد كبير من الناس وتؤدي إلى حدوث دمار هائل أو خسائر في الأرواح.

وتُستعمل كلمة Disaster وجمعها كوارث Disasters في اللغة الإنكليزية للتدليل على التأثير أو الفال السيئ لأحد النجوم أو الكواكب، فقد كانوا ينسبون الفال السيئ لظهور بعض النجوم وما يُزامنيا من حدوث أحداث سيئة بالكارثة، وهي عادة قديمة تُماثل عادة تشاؤم البدو عندما يُشاهدون طيور الغريان وهي تُحلق في السماء. ومُصطلح Disaster بدوره مُشتق من أصل فرنسي désastre وهو بدوره أيضاً مُشتق من أصل إيطالي disastro، حيث الأصل اللاتيني لها يتألف من مقطعين dis بمعنى "سيئ" و astro و Ustrum ويعنى النجم أو الكوكب، ويُصبح المعنى الحرفي للكلمة هو: "النجمة السيئة"، أو "سوء الطالع".

وهناك تعريف متعددة للكارثة باللغة الإنكليزية Disaster حددتها المنظمات والهيئات الدولية والوطنية المتخصصة، ويُشترط في التعريف الوضوح والشمولية والإيجاز ودقة اختيار الكلمات، ومن هذه التعاريف تُورد:

تعريف هيئة الأمم المتحدة: الكارثة هي حالة مُفجعة يتأثر من جرائها نمط الحياة اليومية بشكل فجائي ويُصبح الناس دون مُساعدة ويُعانون من ويلاتها ويُصبحون في حاجة ماسة للحماية، والملابس، والملاجئ، والعناية الطبية والاجتماعية وكذلك احتياجات ومُتطلبات الحياة الضرورية الأخرى.

تعريف المنظمة الدولية للحماية المدنية: الكارثة هي حوادث غير مُتوقعة ناجمة عن قوى الطبيعة، أو بسبب فعل الإنسان ويترتب عليها خسائر في الأرواح وتدمير في الممتلكات، وتكون ذات تأثير شديد على الاقتصاد الوطني والحياة الاجتماعية وتُفوق إمكانيات مُواجهتها قدرة الموارد الوطنية وتتطلب مُساعدات دولية فورية.

تعريف دليل الدفاع المدني الصناعي: الكارثة هي حادثة كبيرة ينتج عنها خسائر جسيمة في الأرواح والممتلكات وقد تكون كارثة طبيعية Natural Disaster مردها فعل الطبيعة كالبراكين،

والزلازل، والعواصف، والفيضانات والسيول... الخ، أو قد تكون كارثة تقنية Technical Disaster مردها فعل الإنسان سواء كان ذلك نتيجة الإهمال أم فعلاً مُتعمداً، وتتطلب مُواجهتها معونة الأجهزة الوطنية كافة (حكومية وأهلية) أو دولية إذا كانت قدرة مُواجهتها تفوق القدرات الوطنية.

تعريف المنظمة الأمريكية لمهندسي السلامة: الكارثة هي التحول المُفاجئ غير المُتوقع في أسلوب الحياة العادية نتيجة ظواهر طبيعية أو من فعل الإنسان، ينشأ عنها العديد من الإصابات والوفيات أو الخسائر المادية الكبيرة، وعُرفت أيضاً بأنها (واقعة مُفاجئة ينتج عنها أضراراً فادحة في الأرواح والممتلكات وتمتد آثارها إلى خارج نطاق المنطقة أو الجماعة المنكوبة).

الكارثة البيئية Environmental Disaster: هي الحادث الناتج عن ظروف طبيعية أو عن فعل الإنسان وينجم عنه أضراراً بالغة بالبيئة لا يُمكن احتواؤها بالإمكانات المحلية المُتوافرة في موقع الحادث، لذلك تم تقسيم الكوارث البيئية إلى كوارث طبيعية كالجفاف والتصحر والفيضانات والسيول....، وكوارث غير طبيعية من فعل الإنسان سواء بالخطأ غير المُتعمد كتسرب الغازات السامة من المنشآت الصناعية أو تسرب النفط من الناقلات النفطية أو من فعل الإنسان المُتعمد كحرائق الغابات والحروب واستعمال أسلحة الدمار الشامل.

الكارثة الطبيعية Natural disaster: وهي التي تقع نتيجة عوامل طبيعية وليس للإنسان أي دور في حدوثها، يفتح عنها خسائر مادية هائلة وبشرية كبيرة، وقد يُسهم الإنسان في زيادة حجم الخسائر الناجمة عنها بالإهمال أو سوء تصرفه أو عدم اتخاذ الاحتياطات الوقائية المُناسبة لتفادي تلك الآثار الضارة أو التخفيف من خسائرها. كما عرفها الباحث ديفيد ألكسندر في كتابه "الكوارث الطبيعية" عام 1994م، على أنها الصدمة التي قد تكون سريعة، أو مُمتدة الأثر، تُوقعها البيئة الطبيعية بالأنظمة الاجتماعية والمقومات الاقتصادية المُستقرة. بينما تُسبب الكوارث الطبيعية في القاموس البريطاني للمصطلحات القانونية، "لأعمال الإلهية"، وفي ذلك دلالة وإشارة واضحة إلى أنها تتخطى حدود سيطرة الإنسان أو قدرته على التنبؤ في مواقع حدوثها.

وهنا يجب التمييز بين مُصطلحي المخاطر الطبيعية Natural Risks والكوارث الطبيعية Natural disasters، فعند وقوع ضحايا وخسائر بشرية يتحول الخطر الطبيعي إلى كارثة.

المخاطر البيئية Environmental Risks: وهي ابتلاء أو دمار كبير يحدث نتيجة عامل طبيعي كتلك المُرتبطة على سبيل المثال بالنشاط البركاني والزلازل والأعاصير والفيضانات والتصحر والجفاف..... وغيرها من الظواهر الطبيعية التي تُسبب دماراً هائلاً للممتلكات المادية

والبنى التحتية وكذلك خسائر بشرية، وتُعد الأخطار الطبيعية كوارث طبيعية إذا ما تسببت في القضاء على حياة الإنسان أو مقومات وسبل استمرار حياته.

فالكارثة من مُجمل التعاريف سابقة الذكر: وهي أي حدث مُفاجيء ومُفجع يتسبب بخسائر بيئية أو بشرية أو مادية، يتجاوز قدرة المُجتمعات والدول في منع حدوثه أو التصدي له أو مُواجهة آثاره، نتيجة مجموعة من الأسباب والتي قد تكون مُرتبطة بموقع ومكان حدوث الكارثة أو صعوبة الوصول إلى المُحتجزين "المُتضررين" أو كثرة عدد المُصابين أو شدة الإصابات.

تتفق مُجمل التعاريف السابقة للكوارث الطبيعية على خصائص واحدة تُميزها وهي:

- صعوبة التنبؤ بحدوث أغلب أنواعها.
- يُمكن أن تطل أي قارة من القارات أو أي بلد من البلدان فقد تُغرق الفيضانات مدناً في أمريكا أو مدناً في أوروبا، أو أخرى في آسيا أو أفريقيا.
- لا تُفرق بين مُجتمع بلد مُتقدم وآخر غير مُتقدم، فعلى سبيل المثال تحدث الزلازل في اليابان كما قد تحدث في بنغلادش أو اليمن، مع ضرورة الإشارة هنا إلى أن شدة آثار الكوارث الطبيعية المُتمثلة بالمُشكلات الاقتصادية والصحية والاجتماعية تكون في مُجتمعات البلدان النامية الفقيرة "غير المُتقدمة" أكثر قسوة وأشد تأثيراً من مُجتمعات البلدان المُتقدمة الغنية نتيجة إمكانياتها المادية والتقنية المحدودة والضعيفة وتدهور نسيج بُنيته التحتية والبيئية.
- لا تقتصر أضرارها على أفراد أو شرائح مُحددة في مُجتمع من المُجتمعات، لكنها تؤثر في كافة شرائح المُجتمع دون أي تفرقة وتهدم أصول الاستقرار ضمن المُجتمعات.
- تؤثر سلباً في الوضع الاقتصادي نتيجة الخسائر المادية الهائلة وتُحطم البنى التحتية ومُنشآت الخدمات العامة.
- تؤثر سلباً في الوضع الزراعي فقد تؤدي إلى تدهور التربة الزراعية أو انجرافها، أو القضاء على المُنتجات والمحاصيل الزراعية، وهذا ينعكس سلباً على الثروة الحيوانية والإنتاج الحيواني، ويقود نهاية المطاف لأزمات غذائية ومجاعات.
- تؤثر سلباً وبشكل مُباشر في الجانب الاجتماعي نتيجة تشريد وتهجير ونزوح سكان المناطق التي طالتها الكارثة.
- تأثيرها السلبي في الجانب الأمني نتيجة تشكل جماعات فاسدة تُمارس أعمال السلب والنهب والنشل والاحتياز.

• تأثيرها السلبي في الجانب الصحي نتيجة تفشي الأمراض والأوبئة، وكذلك نقص الأدوية والمواد الإسعافية واللقاحات.

يُلاحظ مما سبق عدم تمكن الباحثين والعلماء من وضع تعريف شامل ومُوحّد للكارثة، ويعود ذلك إلى الأسباب الرئيسة الآتية:

• يُعد علم دراسة الكوارث علماً حديثاً مقارنة مع العلوم الأخرى.

• اختلاف وجهات النظر للكارثة بين الباحثين والعلماء بما يتفق مع اتجاهاتهم العلمية والعملية

مهندسين وأطباء صحة أو مُسعفين أو رجال الدفاع المدني والطوارئ، أو سياسيين أو مؤرخين أو علماء اجتماع، .

• التطور السريع والتواتر المُتكرر للكوارث الطبيعية والمرتبطة مع التلوث البيئي أو التغيرات المناخية الإقليمية المُتسارعة التي تُؤثر في كوكب الأرض.

كما وتجدر الإشارة هنا إلى أن الكوارث الطبيعية تحدث بصورة طبيعية في شتى أنحاء المعمورة مع تباين شدة تعرض المناطق لتلك الكوارث، حيث تكون بعض المناطق أكثر عرضة من غيرها لبعض أنواعها، كما أن لكل منها طبيعته وخصائصه الفريدة والمُميزة، فعلى سبيل المثال تنسم الأعاصير أو الفيضانات بأنها كوارث طبيعية عنيفة وخاطفة تحدث خلال فترات قصيرة المدة تُراوح بين عدة ساعات إلى بضعة أيام، لكنها تُؤثر في مناطق محدودة وصغيرة المساحة نسبياً، على العكس من ذلك فظواهرنا الجفاف والتصحر تنتشر ببطء شديد لكنها يُمكن أن تُؤثر في مساحات هائلة تُهيمن على مُعظم أنحاء قارة من القارات وتمتد لفترات تُراوح بين عدة أشهر إلى عدة سنوات، كما يُمكن للكوارث الطبيعية المرتبطة بالشروط المناخية المُتطرفة أن تنطوي على أخطار مُتعددة سريعة التعاقب في آن واحد، فمثلاً تُؤدي العواصف المدارية، وكذلك الرياح الشديدة والأمطار الغزيرة إلى حدوث فيضانات تعيقها انزلاقات طينية أو انهيارات كتل صخرية أو انهيارات أرضية أو طينية أو وحشية خطيرة جداً، كما وقد تُؤدي العواصف الشتوية المرافقة لرياح شديدة عاتية وتلوج غزيرة أو أمطار مُجمدة إلى حدوث انزلاقات جليدية تيهورات على بعض المنحدرات الجبلية تكون مُترافقة على الأغلب في حدوث جريانات مائية سطحية عنيفة وفيضانات شديدة لاحقة في موسم الذوبان.

لقد أوضحت الدراسات الحديثة أن التأثير الكارثي للكوارث الطبيعية تتزايد نتيجة مجموعة من العوامل أهمها:

- تزايد عدد سكان كوكب الأرض بشكل سريع ومُضطرد، من مليار نسمة عام 1804م إلى نحو سبعة مليارات نسمة عام 2012م.
 - التطور الصناعي والتقني الهائل في العقود الثلاثة الأخيرة وما رافقه من تأثيرات سلبية في البيئة وتشكل عوامل جديدة مُحفزة لنشأة وتشكل الكوارث.
 - انتقال المُجتمعات السكانية من الأرياف وتركزهم في العواصم والمدن الكبرى الصناعية، فعلى سبيل المثال بلغ عدد سكان مدينة طوكيو عام 2014م نحو 36 مليون نسمة.
 - هجرة السكان من المناطق ذات الشروط البيئية القاسية كالمناطق الصحراوية والبادية إلى المناطق ذات الشروط البيئية اليسرة كالمناطق المُجاورة للأنهار أو المناطق الساحلية، وكمثال حي على ذلك تركز نحو 87% من سكان جمهورية مصر العربية في مساحة لا تتجاوز 7% من مساحتها الاجمالية، على ضفاف نهر النيل والمدن الساحلية.
- هذا وعلى الرغم من التقدم العلمي الكبير والهائل الذي توصل إليه الإنسان في فهم وتفسير العلماء لمنشأ وأسباب حدوث الكوارث الطبيعية، وكذلك توافر كم هائل من المُعطيات والبيانات الإحصائية والحواسيب عالية السرعة والدقة، إلا أنهم لا زالوا غير قادرين حتى وقتنا الحاضر على التنبؤ وتحديد أماكن ومواعيد حدوث عدد من الكوارث الطبيعية المُدمرة، ولا سيما تلك المُرتبطة بالأرض كالزلازل والبراكين، بينما تُعد الكوارث الطبيعية المُرتبطة بالمناخ، كالعواصف الاستوائية أو الأعاصير المدارية هي الكوارث الوحيدة التي يُمكن التنبؤ بها وبموثوقية إلى حد ما مقبولة، رغم أنه لا يُمكن التنبؤ بها إلا قبل بضعة أيام من حدوثها، إلا أن ذلك يمنح المُنظمات غير الحكومية أو الجهات الحكومية المعنية صاحبة القرار فترة كافية لتطبيق نظام الإنذار المُبكر وتوجيه التحذيرات الضرورية واتخاذ إجراءات حالات الطوارئ المناسبة والتدابير الوقائية، وهذا يؤدي إلى الحد من الأضرار في الممتلكات وكذلك الخسائر في الأرواح.
- ولما كان من المُستحيل على الإنسان منع تكرار حدوث الكوارث الطبيعية، إلا أنه عمل ويعمل جاهداً وبكل ما أوتي من معارف وتقانات من أجل الحد من تأثيراتها الكارثية والتقليل من خسائرها التي تتجمل عنها للحد الأدنى، ويُعد عامل الوقاية من أكثر العوامل أهمية لمُواجهة الكوارث الطبيعية والحد من أثارها، وذلك من خلال إجراء الدراسات والأبحاث التي يُمكن على ضوء نتائجها تحديد كل من المواقع الجغرافية الأكثر تعرضاً للكوارث الطبيعية، واحتمالات تكرار حدوثها وتحديد طبيعة

وحجم النتائج الكارثية من خسائر مادية وبشرية الناجمة عنها، وذلك عن طريق وضع الخطط واتخاذ التدابير التي من شأنها التخفيف من آثارها الكارثية والتقليل من خسائرها. ومن أهم التدابير والإجراءات الأخذ بالاعتبار نوع وكثافة وشدة الكوارث الطبيعية المتوقع حدوثها، وذلك عند التخطيط أو التنفيذ لكافة أنواع المشاريع الإنشائية، ووضع خطط الإخلاء والإغاثة وآليات تنفيذها على الشكل الأمثل. ولتحقيق ذلك، يتوجب على كافة الجهات الحكومية والأهلية "البحثية، والأمنية، والصحية والاجتماعية والاقتصادية... وغيرها"، التنسيق فيما بينها ووضع الخطط الضرورية اللازمة للتصدي ومواجهة كافة الكوارث الطبيعية المحتمل حدوثها والحد مما ينجم عنها من آثار كارثية وأخيراً تحديد الخطوات العملية لمعالجة تلك الآثار والتي غالباً وفي الكثير من الحالات تتعدى وتتخطى حدود البلد الواحد وهذا يقتضي تضافر الجهود على الصعيدين الإقليمي والدولي.

تُوضح التجارب في هذا المجال أن الجوانب المتعلقة بهذا التعاون لا تقتصر على التعاون الدولي في مجال تقديم الإغاثة الإنسانية بعد وقوع الكوارث الطبيعية فقط، إنما يجب على المجتمع الدولي بذل كافة الجهود للحد من مخاطرها من خلال تبني إستراتيجيات دولية تستند إلى قواعد بيانات مُتجددة ودراسات علمية مُوثقة، تشمل كافة الظواهر الطبيعية المُسببة لها، كما أن هذه الدراسات تشتمل أيضاً على العوامل والأسباب التي هي من صنع البشر، والتي تؤدي إلى زيادة مخاطر الكوارث الطبيعية، وذلك من أجل التعامل معها وتجنب تأثيرها، وهذا يُسهم في إيجاد آليات للإنذار المُبكر تُساعد على التنبؤ بوقوع الكوارث الطبيعية قبل حدوثها بوقت مُلائم، واتخاذ الإجراءات العملية المُلائمة للحد من مخاطر هذه الكوارث والتقليل من الخسائر البشرية والمادية الناتجة عنها، مع التفاوت الكبير لتلك الخسائر البشرية والمادية نتيجة مجموعة من العوامل المُعقدة والمُترابطة فيما بينها، أكثرها أهمية طبيعة الكارثة الطبيعية وموقع ووقت حدوثها.

تصنيف الكوارث الطبيعية:

تُصنف الكوارث الطبيعية تبعاً لمنشأها في أربعة أنواع هي:

1- الكوارث الطبيعية خارجية المنشأ ذات المنشأ الكوني أو الثقالي: وتضم الكوارث الناجمة عن:

- سقوط الشهب والنيازك Meteors and Meteorites:
- الانهيارات الأرضية، والانهيارات الصخرية والانهيارات الطينية (التدفقات الطينية) Landslides. Rockfalls and Mudslides (Mudflow) وكذلك الانهيارات الثلجية
- Avalanche وانهيارات الشواطئ Coastal erosion.

2- الكوارث الطبيعية ذات المنشأ الباطني أو الكوارث ذات المنشأ التكتوني: وهي الكوارث التي تنشأ نتيجة عوامل مرتبطة بالأرض نفسها كتلك الكوارث الناجمة عن حركة الصفائح التكتونية والحركات البانية للجبال والانفتاح البحري وتجدد القيعان المحيطية، وتضم أنواع الكوارث الآتية:

- a. البراكين والنشاط البركاني Volcanoes and Volcanic activity.
- b. الزلازل والهزات الأرضية Earthquakes.
- c. أمواج التسونامي Tsunami wave.
- d. الصدعات والتشققات الأرضية Fault and Erthy cracks.

3- الكوارث الطبيعية سطحية المنشأ أو الكوارث ذات الأصل المناخي:

وهي الكوارث التي تنشأ نتيجة عوامل مرتبطة بالعوامل المناخية، أو قد يكون للعوامل المناخية دخل في حدوثها، وتضم:

- الفيضانات والسيول Floods and Run off.
- العواصف والأعاصير

○ العواصف الرملية والعواصف الغبارية Sand storms and Dust storms.

○ العواصف الثلجية والجليدية Blizzard Ice storm and Hailstorm.

○ العواصف الرعدية والبرق Thunder storms and Lightning.

○ العواصف الإعصارية Cyclonic storms.

○ العواصف والأعاصير الاستوائية Tornado and Tropical storms.

● التغيرات المناخية Climate change.

● الجفاف والتصحر Drought and Desertification.

● زوال الغابات Deforestation.

● موجات الحرارة المُتطرفة Extreme temperatures wave.

● ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية The melting of ice and snow deposits.

4- الكوارث ذات الأصل البيولوجي: وهي الكوارث التي تنشأ نتيجة عوامل مُرتبطة بالأوبئة البشرية أو الحيوانية والآفات النباتية وتضم الكوارث الناجمة عن:

○ بعض أهم الأمراض والأوبئة التي يتعرض لها الإنسان.

○ بعض أهم الأمراض والأوبئة التي تتعرض لها الحيوانات.

○ بعض أهم الأمراض والآفات التي تصيب النباتات.

لقد أوضحت الأبحاث والاحصائيات أن عدد ضحايا الكوارث الطبيعية حول العالم خلال القرن الميلادي السابق بلغ قرابة أربعة ملايين وثمانين ألف نسمة، منها 50.9% تعود إلى الهزات الأرضية والزلازل، و 29.7% تسببها الفيضانات والسيول المرافقة لها، و 19.9% تنجم عن العواصف والأعاصير، و 1.9% تنشأ عن النشاط البركاني والبراكين، ونسبة 0.5% تعود إلى أمواج التسونامي وأخيراً 0.1% تنشأ عن الانزلاقات والانهييارات الأرضية (شكل-1).

شكل-1: الكوارث الطبيعية، وعدد الضحايا الناجمة عنها
خلال القرن العشرين.



الباب الأول

الكوارث الطبيعية خارجية المنشأ ذات المنشأ الكوني أو الثقالي

الفصل الأول:

سقوط الشهب والنيازك **Meteors and Meteorites**

الفصل الثاني:

الانزلاقات الأرضية، والانهيارات الصخرية والانزلاقات الطينية (التدفقات الطينية)

الانهيارات **Landslides**, **Mudslides** (Mudflow), **Rockfalls**, الانهيارات

الثلجية **Avalanche** وتعرية " تآكل " الشواطئ **Coastal erosion**.



1- الفصل الأول

سقوط الشهب والنيازك

1-1 - المقدمة:

تمثل النيازك Meteorites بقايا الأجسام الكونية المادية الصلبة غير المحترقة التي تسقط على سطح الأرض أو أي تابع آخر من توابع المجموعة الشمسية وتكون في مجال جاذبيته، بينما تُطلق كلمة شهاب Meteor وجمعها الشهب على المسار المرئي للنيزك الذي يخترق الغلاف الجوي للأرض، وعندما يصل النيزك إلى سطح الأرض الخارجي يُعرف باسم الحجر النيزكي.

تُشاهد الشهب في السماء ولا سيما في الليالي شديدة الظلمة أو خارج المدن في المناطق النائية البعيدة عن تلوث الإضاءة على شكل ومضات سريعة تستمر عادةً عدة ثوانٍ، وهي في الحقيقة عبارة عن كتل وأجسام كونية مادية صلبة، متباينة الحجم تراوح أبعادها بين أجزاء من الملمترات إلى عدة ديسمترات.

تسقط متجهة نحو الأرض وتخترق غلافها الجوي بسرعة تُقدر بنحو 2700 كم/سا فتحترق نتيجة احتكاكها به متوهجة ومتبخرة كلياً أو جزئياً تبعاً لحجمها قبل أن تصل لسطح الأرض الخارجي، ويترك الشهاب خلفه ذيلًا وهاجاً من الدخان، ويدوم وهج ذلك الذيل فترة من الوقت تراوح بين ثانية إلى عشر ثوانٍ وقد تصل في حالات نادرة إلى دقائق معدودة.

لقد قدر العلماء أن ما يصل إلى الأرض يومياً من تلك الكتل والأجسام الكونية المادية الصلبة "النيازك ورماد الشهب" تراوح بين ألف وعشرة آلاف طن، وهذا يؤدي إلى زيادة وزن الأرض سنوياً بين 0.7 إلى 7 كغ/م²، أغلبها يكون على هيئة فتات دقيق الأبعاد "غبارية أو سلتية" لا يتجاوز حجمه بضعة ميكرومترات.

تتباين النيازك والشهب في حجمها وكتلتها وشكلها وأكبر النيازك المعروف يوجد في جنوب أفريقيا وتبلغ كتلته نحو 54 طناً، والآخر يوجد في مقاطعة نورثون في ولاية كنساس الأمريكية وتبلغ كتلته نحو 1 طن، كما وتتباين كذلك في تركيبها الكيميائي، ويعتقد العلماء أن المصدر الرئيس لها يأتي من ضمن نظام مجموعتنا الشمسية ولا سيما من منطقة حزام الكويكبات الممتدة بين مداري كوكبي المريخ والمشتري، حيث إنها تمثل مخلفات وبقايا عمليات هدم أو بناء لبعض الأجرام والتوابع الكونية كالكويكبات أو/و المذنبات، ولقد أثبتت الأبحاث الجيوكيميائية تشابه التركيب الفلزي والكيميائي للكثير من أنواعها مع التركيب الفلزي والكيميائي لبعض صخور الأرض وكذلك القمر. كما استطاع العلماء التعرف على 16 نيزكاً في القارة القطبية الجنوبية التي يُعتقد أن يكون مصدرها كوكب المريخ، نتيجة تطابق تركيب الغازات الموجودة داخل هذه النيازك مع تركيب غازات الغلاف الجوي لكوكب المريخ الذي تم تحديده من خلال رحلة الفايكنغ التي هبطت على سطحه عام 1970م.

1-2- تصنيف النيازك والشهب:

لقد تمكن العلماء اعتماداً على نتائج تحليل الأنواع المختلفة من النيازك مينرالوجياً وبيوكيمياً من تصنيفها في المجموعات الثلاث الرئيسة الآتية:

a. النيازك الصخرية: وتُقسم بدورها إلى نوعين وهما:

- نيازك الكوندريت: وهي أكثر أنواع النيازك انتشاراً وتجانساً، تحتوي غالباً على مواد عضوية، أهم ما يميزها تجانس تركيبها الكيميائي ووجود أجسام دائرية أو بيضوية تمتلئ بفلزات البيروكسين دقيقة الأبعاد تُسمى الكوندريول، وهي تنشأ عن التبريد السريع للصهير. تتألف نيازك الكوندريت بشكل رئيس من 90% فلزات سليكات أهمها: الأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز، و 10% سبيكة معدنية تتكون من الحديد والنيكل، تكونت على الأرجح خارج المجموعة الشمسية ويُعتقد أنها تمثل ما تبقى من المادة السديمية الأولية التي تكونت منها المجموعة الشمسية وأن لها تركيباً مماثلاً لتركيب الشمس، أي إن أصلهما واحد (شكل-2أ).
- نيازك اللاكوندريت: وتتميز بعدم وجود الكوندريول، وتشابه في تركيبها صخور الأرض، تتألف نيازك اللاكوندريت بشكل رئيس من الفلزات التي تشكل الصخور فوق القاعدية البيريدونيتية كالأوليفين والبيروكسين والبلاجيوكلاز، بالإضافة إلى بعض الفلزات الثانوية كالسيوميت، مع اغتناء ملحوظ بعنصري النيكل والحديد.

- b. **النيازك الصخرية المعدنية:** وتُعرف أيضاً باسم السيدروليت، تتكون من 50% من الفلزات السليكاتية و 50% من سبيكة الحديد والنيكل والكوبالت. وتُقسم النيازك الصخرية الحديدية إلى نوعين رئيسيين هما: نيازك البالازيت و نيازك الميزوسيدريت.
- c. **النيازك الحديدية:** وتُعرف أيضاً باسم نيازك السيدرريت، نادرة الانتشار، تتكون من 90% من سبيكة الحديد والنيكل و 10% من فلزات سليكاتية، وتتميز بعدم تجانس تركيبها الكيميائي. ويعتقد العلماء أنها قد تعود بالأصل إلى نواة أحد الكويكبات (شكل-2ب).

(أ) - نيزك كوندريتي. (ب) - نيزك معدني.
شكل-2: صورة نيزك كوندريتي (أ)، ونيزك معدني (ب).

صنف الفلكيون حادثة اختراق النيازك والنيازك المُحتَرقة "الشهب" للغلاف الجوي للأرض في مجموعتين هما:

- **الشهب الفردية أو العشوائية:** وهي الشهب التي يُمكن مُشاهدتها في أي وقت وأي مسار أو اتجاه ولا يُمكن التنبؤ بموعد أو مكان ظهورها (شكل-3).
- **الشهب الدورية أو زخات الشهب:** وهي التي تُشاهد على هيئة وابل من الزخات وتسقط كما تسقط حبات المطر لذلك أطلق عليها Meteor Showers (شكل-4)، ويُمكن التنبؤ بموعد ظهورها ومكانه، ويعتقد العلماء أنها تنتج بسبب اقتراب أحد المذنبات Comets من الشمس حيث يذوب الجزء الجليدي المحيط بالمذنب نتيجة تأثير حرارة الشمس ويخسر جزءاً من كتلته على شكل مُخلفات من الكتل والأجسام المادية الصلبة والتي تبقى تدور في مدار المذنب،

وعند عبور الأرض مدار ذلك المذنب لاحقاً فإن جزءاً من هذه الكتل والأجسام الصلبة يسقط باتجاه الأرض مكوناً العديد من زخات الشهب، لذلك تم الربط من قبل العلماء بين كل زخة مُنظمة من الشهب مع مُذنب مُحدد وفي أوقات مُحددة سنوياً وأماكن ظهور معروفة، لذلك تم الربط بين اسم زخات النيازك والشهب عادةً مع اسم النجم أو البرج الذي يكون مُتألفاً وقت حدوثها، فعلى سبيل المثال هناك:

شكل-3: صورة نيزك يحترق ضمن الغلاف الجوي للأرض "شهاب".

شهب البروشاوس وسُميت نسبة إلى موقع ظهورها مُقابل كوكبة برشاوس "حامل رأس الغول" والتي يتكرر سقوطها في شهر آب من كل عام، حيث يسقط نحو 80 شهاباً في الساعة، مع العلم بأن هذه الشهب تحدث نتيجة تقاطع مُخلفات مُذنب (سويفت توتل Swift-Tuttle) مع مدار الأرض أثناء دورانه حول الشمس، وشهب الاسديات Leonids meteor وسُميت نسبة لكوكبة الأسد التي يتكرر سقوطها في شهر تشرين الثاني من كل عام حيث يسقط في وقت الذروة نحو 130 شهاب في الساعة، وشهب الجباريات وسُميت نسبة لكوكبة الجبار "أكوارس" وأوريونيدس التي تسقط في بدايات شهر تشرين الأول من كل عام ويرتبط حدوثها مع مُذنب هالي، وشهب الثوريات وسُميت نسبة لكوكبة برج الثور، وشهب التتينايات وسُميت أيضاً نسبة لكوكبة التتین والتي تتكرر في مُنتصف شهر كانون الثاني من كل عام، وأخيراً شهب

الرُّبَاعِيَّاتِ وَسُمِّيتْ نِسْبَةً لِكَوْكَبَةِ الْعَوَاءِ وَالَّتِي تُشَاهِدُ فِي الْفَتْرَةِ الْوَاقِعَةِ بَيْنَ مُنْتَصَفِ شَهْرِ كَانُونِ الْأَوَّلِ تَمْتَدُّ إِلَى مَطْلَعِ شَهْرِ كَانُونِ الثَّانِي مِنْ كُلِّ عَامٍ وَتَحْدُثُ بِسَبَبِ جَرَمٍ سَمَاوِي يُعْرَفُ بِاسْمِ EH1-2003.



شكـل-4: زخات من الشهب تتساقط على الأرض.

1-3- الفوهات الناجمة عن اصطدام النيازك:

تعرضت الأرض خلال تاريخها الطويل والذي يبلغ نحو 4.6 مليار سنة إلى عدد كبير من ضربات النيازك التي تصطدم باليابسة مخلفة وراءها على السطح الخارجي للأرض فوهات تُعرف باسم الفوهات النيزكية (Meteorite Craters)، والتي تم رصدها وتحديددها من خلال تحليل وتفسير معطيات صور الأقمار الصناعية وتأكيدها لاحقاً من المشاهدات الحقلية التي لا زالت آثارها الناتجة عن اصطدامها في سطح الأرض الخارجي ظاهرة حتى يومنا هذا رغم عوامل التعرية، حيث بلغ عددها نحو 175 فوهة نيزكية (شكل-5)، علماً أنه من المؤكد أن عدد الفوهات النيزكية هو أكبر من هذا العدد بكثير على اعتبار أن 71% مساحة السطح الخارجي للكرة الأرضية مغطى بالمياه فاحتمال وقوع النيازك في المياه هو 3 على 4، كما يُعتقد أن آلاف الفوهات النيزكية قد اختفت على مدى تاريخ الأرض الطويل بشكل كلي أو جزئي نتيجة عوامل التعرية (الحت الريحي، والحت المائي..)، أو نتيجة العمليات الجيولوجية المختلفة (كالنشاط البركاني، والزلازل، وحركة الصفائح

الأرضية، وتجدد قيعان المحيطات، والحركات المولدة للجبال...) أو نتيجة نشاطات الإنسان المتعددة (كمقالع الحجارة والحصى، والأعمال المنجمية والأعمال الإنشائية والعمرائية وتشييد المدن...)، هذا ويعتقد العلماء أنه ومع تقدم آليات وطرائق البحث والمسح الجيولوجية وتطور تقاناتها، يمكن اكتشاف نحو ألف فوهة نيزكية مُستقبلاً على الأرض، يتوزع بعضها على قيعان المحيطات والبحار وينتشر بعضها الآخر تحت الطبقات الرسوبية أو الكثبان الرملية.

شكل-5: توضح الخارطة مواقع توزع الحفر النيزكية المؤكدة على كوكب الأرض.

يُلاحظ من (الشكل-5) السابق، أن الفوهات النيزكية المؤكدة في العالم تتوزع على جميع قارات الكرة الأرضية، كما أن أغلبها يتوزع في أمريكا الشمالية وكندا وشمالى أوروبا وإستراليا. تتباين فوهات النيازك عن بعضها البعض من حيث أعمارها وأبعاد أقطارها وأعماقها، فقد حددت نتائج تحليل الصور الفضائية وكذلك المشاهدات والمسوحات الحقلية الميدانية:

- ثلاث فوهات نيزكية يزيد نصف قطرها عن 180 كم أهمها: فوهة فريديفورت Vredefort جنوبى إفريقيا و يبلغ قطرها قرابة 300 كم وعمرها نحو 2023 مليون سنة، وفوهة سادبوري Sudbury فى كندا و يبلغ قطرها 250 كم وعمرها نحو 1850 مليون سنة، وفوهة شيكسالب Chicxulub فى المكسيك و يبلغ قطرها 182 كم وعمرها نحو 65 مليون سنة.
- عشرون فوهة نيزكية يُراوح قطرها بين 5-90 كم من أهم أمثلتها: فوهة بوبيغاي Popigai الواقعة فى شمال سيبيريا-روسيا و يبلغ قطرها 90 كم وعمرها نحو 35.7 مليون سنة، وفوهة

أكرمان Acraman الواقعة جنوب أستراليا ويبلغ قطرها 90 كم وعمرها نحو 580 مليون سنة، وفوهة مانيكواغان Manicouagan وتقع في كندا، وقد تشكلت منذ نحو 215 مليون سنة، وتحولت هذه الفوهة إلى بحيرة مغطاة بالجليد. يبلغ قطرها نحو 85 كم، ويُعتقد بأن القطر الحقيقي للفوهة كان يبلغ قرابة 100 كم، لكنه تقلص نتيجة عوامل التعرية المختلفة، وفوهتي كبير ووتر Clearwater المتواجدتين بمنطقة الكيبك في كندا، وهما فوهتان نيزكيتان تشكلتا معاً منذ قرابة 290 مليون سنة إثر ضربة نيزكية مزدوجة. يبلغ قطر الفوهة النيزكية الغربية الكبيرة نحو 36 كم، أما الفوهة الصغرى الشرقية فيبلغ قطرها نحو 26 كم، وقد تحولت الفوهتان إلى بحيرتين كبيرتين. وفوهة ديب باي Deep Bay وتوجد بمنطقة ساسكاتشوان في كندا ويبلغ قطرها 13 كم، وعمقها نحو 220 م، وعمرها نحو 99 مليون سنة، وفوهة بوسومتوي Bosumtwi وتقع في غانا في أفريقيا، يبلغ قطرها 10.5 كم وعمرها أكثر من 1.3 مليون سنة، امتلأت هذه الفوهة بالماء بشكل كامل تقريباً وتحولت إلى بحيرة بوسومتوي. وفوهة جبل وقف الصوان Jabal Waqf es Swwan والتي تم اكتشافها عام 2006م في الأردن ويبلغ قطر فوهتها الخارجي 5.5 كم، ويراوح عمرها بين 30-50 مليون سنة، وتُعد من الفوهات النيزكية متوسطة الحجم، وتعود أهميتها نتيجة معالمها الواضحة تماماً التي لم تتعرض لأي تشويه، لذلك فهي تُعد مصدراً مهماً للمعلومات والبيانات العلمية التي من المأمول تحقيقها مستقبلاً.

سبع وستون فوهة يقل حجمها عن 5 كم من أهم أمثلتها: فوهة بارينغر Barringer وتوجد في ولاية أريزونا الأمريكية، يبلغ قطرها 1.19 كم، وعمقها نحو 175 م، تشكلت من قرابة 500 ألف سنة نتيجة اصطدام نيزك حديدي يبلغ قطره نحو 50 م ووزنه يُعادل بضعة ملايين الأطنان، وتُعد هذه الفوهة من الفوهات النادرة جداً وهي ما تزال مُحافضة على شكلها. وفوهة وولف كريك Wolfe Creek وتقع في المناطق الصحراوية شمالي أستراليا. وهي أيضاً من الفوهات القليلة جداً التي لا تزال مُحافضة على شكلها، ويبلغ قطرها نحو 880م وعمرها نحو 300 ألف سنة، وعمقها نحو 60م. وأخيراً فوهة لونار Lonar وتقع في الهند، ويبلغ قطرها نحو 1830م وعمرها نحو 52 ألف سنة.

أدرجت الفوهات النيزكية المؤكدة والمُنشرة في الوطن العربي في الجدول الآتي:

جدول-1: أهم الفوهات النيزكية المنتشرة على أراضي الوطن العربي.

	البلد	اسم الفوهة		القطر ب كم	العمر ب مليون سنة
		بالعربية	بالإنكليزية		
1	ليبيا	وايسيس	Oasis	18	120
2	ليبيا	ب بي شتركتشر	BP Stucture	2	120
3	الجزائر	واركزيز	Oarkziz	3.5	70
4	الجزائر	تلمسان	Talemzane	1.75	3
5	الجزائر	تين بادر	Tin Bader	6	70
6	الجزائر	أم جويد	Amguid	0.45	0.1
7	مصر	كبير	Kibir	31	100
8	مصر	كاميل	Kamil	0.049	0.2
9	موريتانيا	تميماشات	Temimichat	0.75	؟
10	موريتانيا	أو أويلا	Aouelloul	0.39	3.1
11	موريتانيا	تين أوامر	Tenoumer	1.9	21.4
12	السعودية	فابر	Wabar	0.116	150 سنة
13	الأردن	وقف الصوان	Waqf Sawan	5.5	0.5-0.3

أيضاً أرسلت رحلات المركبات الفضائية (بيونير وفايكنغ وفويجير ... وغيرها) التي انطلقت عبر المجموعة الشمسية صوراً للأجرام السماوية، مليئة بالفوهات الناجمة عن اصطدام وارتطام الكويكبات والمذنبات والنيازك بها، كما تجدر الإشارة هنا أيضاً إلى أن المراصد الفلكية رصدت وحددت على سطح القمر المرئي من الأرض نحو 300 ألف فوهة نيزكية (شكل-6 أ)، حافظت

على أشكالها الأصلية، نتيجة عدم وجود غلاف جوي للقمر وبالتالي عدم وجود عمليات تعرية، والاستقرار البنائي نتيجة عدم وجود نشاطات جيولوجية (براكين، تكتونيك، ترسبات) وأخيراً عدم وجود أي نشاط بشري يتمثل بالأعمال العمرانية أو الإنشائية، ذات الملاحظة شوهدت على السطح الخارجي لكوكب عطارد (شكل-6 ب).

Mercury

Moon

شكل-6: الصور تظهر توزع الحفر النيزكية على سطحي القمر أ وعطارد ب.

1-4- الكوارث الطبيعية الناتجة عن سقوط النيازك:

يتسبب وجود الأجرام الكونية "النيازك والشهب والمذنبات في زيادة حجم الغبار في طبقات الغلاف الجوي العليا، وهذا يؤدي إلى حجب جزء من أشعة الشمس المتساقطة على كوكب الأرض، ويؤثر هذا بدوره في المناخ ويسهم في تشكل عصور جليدية، كما يسهم في القضاء على بعض مجموعات الكائنات الحية الحيوانية والنباتية.

وعلى الرغم من أن سقوط وارتطام النيازك على السطح الخارجي للأرض يُعدّ أمراً طبيعياً وشائعاً، حيث يبلغ نحو عشرين ألف نيزك سنوي، أغلبها لا يترك خلفه أي أثر يُذكر، باستثناء النيازك الكبيرة التي قد تتسبب بأضرار هائلة على الأرض وعلى أشكال الحياة فيها.

فقد يؤدي اصطدام أحدها في البحار والمحيطات إلى حدوث الدوامات البحرية الهائلة وتشكل التسونامي وتدمير ما أنجزته الطبيعة خلال ملايين السنين في ثوان معدودة، كما يؤدي سقوط النيازك صغيرة الحجم على اليابسة إلى تحطيم أسقف المباني والمنشآت العمرانية وكذلك المركبات.

إن أوضح الأمثلة على خطورة النيازك ما افترضه العلماء حول سبب انقراض الديناصورات وإبادة نحو ثلاثة أرباع أشكال الحياة النباتية والحيوانية الأرضية السائدة على كوكب الأرض قبل نحو 65 مليون سنة، نتيجة اصطدام جرم سماوي (مُذنب أو نيزك عملاق) بكوكب الأرض في شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك، يُقدر قطره بنحو 10 كم، وبلغت سرعته نحو 90 ألف كم/سا. فقد يؤدي اصطدام نيزك كبير بالأرض إلى تشكيل فوهة يبلغ قطرها بين 10-20 ضعف قطر هذا النيزك، حيث إن اصطدام النيزك يؤدي إلى توليد قوة تُعادل قوة انفجار تراوح قوتها بين قوة قنبلة نووية واحدة إلى آلاف القنابل النووية، وتتباين القوة التدميرية المُتولدة عن اصطدام النيزك بالأرض تبعاً لحجم وسرعة النيزك، فعلى سبيل المثال ينشأ نتيجة سقوط نيزك على الأرض بقطر 1 كم وبسرعة 100 ألف كم/سا قوة تدميرية تُعادل القوة التدميرية لجميع قنابل العالم الذرية والنووية. سجل التاريخ المعاصر وبالتحديد في 2013/2/23م سقوط نيزك تشيلينابنسك بمنطقة الأورال في روسيا، مُهدداً نحو 100 ألف نسمة، وأصاب 1534 شخص بجروح وإصابات مُتفاوتة الشدة والخطورة، كما تسبب بأضرار مادية فادحة قُدرت بنحو 25 مليون يورو، وأعاد للذاكرة سقوط نيزك تونغوسك في 1908/6/17م بمنطقة كراسنويارسك-كراي في روسيا، والذي أدى إلى خسائر مادية هائلة في مساحة إجمالية تعدت 2000 كم² كما وتسبب في اقتلاع وتهشم قرابة 60 مليون شجرة، أما الخسائر البشرية فانهضرت في وفاة شخصين وإصابة عدد كبير من سكان المنطقة بجروح مُتفاوتة الدرجة، بينما كان الأثر كارثياً نتيجة سقوط نيزك في الصين عام 1949م، والذي أدى إلى وفاة أكثر من 10 آلاف نسمة.

لقد رصدت وكالة دراسة الفضاء الأمريكية "ناسا" في مطلع عام 2004م أحد الأجرام الكونية أُطلق عليه اسم "2004 BL86" (شكل-7)، يبتعد عن كوكب الأرض 1.2 مليون كم أي ما يُقارب ثلاثة أضعاف المسافة بين القمر والأرض، ويقترب منها بسرعة فائقة غير معهودة تزيد على 15 كم/ثا ويبلغ قطره نحو 0.6 كم، وافترض العلماء أنه في حال اصطدام هذا الجرم الكوني بالأرض فإنه سيدمر مساحة من الأراضي تُقدر بنحو 1 مليون كم².

كما أعلن مركز الفضاء النرويجي أيضاً، في نهاية عام 2005م، أن نيزكاً كبيراً أُطلق عليه اسم "أبوفيس" (APOPHIS) قد يرتطم بالأرض في روسيا شهر نيسان من عام 2029م، عندئذ سيدمر مساحات هائلة منها، ثم سيشهد الأرض صيفاً سيدوم مدة ثلاث سنوات بسبب الغبار المُطَّارير نتيجة هذا الارتطام المُحتمل. يبلغ قطر نيزك أبوفيس نحو 0.5 كم ويُعد أكبر نيزك قريب من

الأرض، ويتوقع العلماء أن قوة ارتطام نيزك أبوفيس بالأرض ستعادل انفجار 2000 ميغا طن من متفجرات مادة تي إن تي TNT، وسينجم عن الارتطام حفرة يُقدر قطرها بنحو أربعة كيلومترات.



شكل-7 : صورة للجرم الكوني "2004 BL86" مُقترَباً من كوكب الأرض.



2- الفصل الثاني

الانزلاقات الأرضية والانهيارات الصخرية والانزلاقات الطينية والتدفقات الترابية
وعمليات زحف التربة، والانهيارات الثلجية وتعرية "آكل" الشواطئ

2-1- المقدمة:

تُعد كافة أشكال الانهيارات والانزلاقات الأرضية والصخرية، وكذلك الانزلاقات الطينية والتدفقات الترابية وعمليات زحف التربة إحدى الكوارث الطبيعية التي تندرج ضمن عمليات الحوادث الثقيلة "تبدد الكتل" أو ما يُعرف جيولوجياً بعمليات إزالة الخُطام الصخري، التي تنشأ بشكل رئيس نتيجة حركة الصخور أو التربة على المنحدرات تحت تأثير الجاذبية الأرضية، التي قد تحدث بشكل مُباغت وتتم خلال ثوانٍ وقد تمتد إلى دقائق أو تحدث بصورة غير محسوسة تستمر سنوات أو عشرات السنوات، وتحدث عادة نتيجة الزلازل أو البراكين أو عمليات التجوية أو الهطولات المطرية الغزيرة أو ذوبان التوضعات الجليدية مُنفردة أو مُتضافرة، وتسهم جميعها في هدم التضاريس ونقل الخُطام الصخري من المناطق المرتفعة إلى المناطق المنخفضة.

2-2- العوامل المؤدية للحوادث الثقيلة:

➤ الجاذبية والميول الطبوغرافية: تُعد الجاذبية القوى الرئيسة التي تتحكم في ظواهر تبدد الكتل الصخرية المُختلفة وانهيارها، إضافة إلى بعض العوامل الثانوية التي تؤثر فيها كدرجة ميل

للمُنحدرات الجبلية أو هوامش الوديان النهرية أو الوديان الجليدية ودرجة تشُّع الفُتات الصخري أو التربة بالماء وحجم وشكل الفُتات الصخري.

تكون الكتل الصخرية أو الحُطام والفُتات الصخري "الريغوليت" Regolith مُستقرّة وثابتة إما عند توضعها على سطح أفقي نتيجة تساوي وتُعاكس القوى المؤثرة فيها أو عند انتشارها على المُنحدرات الجبلية لكن ضمن زاوية الاستقرار، وتُعرف زاوية الاستقرار على أنّها أكبر زاوية ميل للمُنحدر يُحافظ فوقه الفُتات الصخري على اتزانهِ وثباتهِ وتُراوح زاوية الاستقرار عادةً بين 25-40°، وعندما يُصبح مقدار ميل أي مُنحدر أكبر من زاوية الاستقرار ينزلق الحُطام والفُتات الصخري إلى أسفل المُنحدر بفعل قوى الجاذبية الأرضية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن زاوية السكون والاستقرار تتباين تبعاً لحجم الحطام الصخري وشكله، فكلما كان حجم المُكونات الحبيبة للحطام الصخري أكبر وشكله زاوي ازدادت درجة استقراره على المُنحدرات، وعلى العكس من ذلك فإنّ زيادة درجة تشُّع الحُطام الصخري "الريغوليت" بالماء تُؤدي إلى تدني درجة التماسك بين مكوناته الحبيبة فتتخفّض درجة استقراره وثباته على المُنحدرات الجبلية.

➤ **التراكيب والبنى الجيولوجية:** لبعض التراكيب الجيولوجية ميول انحدار كبيرة، وفي بعضها الآخر تنتشر الكسور والصدوع والفواصل والشقوق التي تُساعد على تسرب المياه عبرها والتغلغل فيها وهذا يُساهم في تنشيط تجويفاتها وتحويلها إلى فُتات وحُطام صخري قابل للسقوط والانزلاق على المُنحدرات الجبلية.

➤ **التجوية الفيزيائية والكيميائية:** تُسهم آلية تعاقب التجمد والذوبان الشائعة في المناطق الجبلية الباردة أو القطبية وكذلك في تحطيم الصخور وتحويلها إلى فُتات وحُطام صخري سرعان ما ينهار ويتساقط على سطوح المُنحدرات.

➤ **الزلازل والهزات الأرضية:** تُسهم الزلازل والهزات الأرضية التي تزيد شدتها على 4.5 على مقياس ريختر عادةً في تهشيم الصخور وتفتيتها وتحريك الحُطام الصخري أو نواتج عمليات التجوية (الريغوليت) على سطوح المُنحدرات وانزلاقها وبعثرتها وفرشها على مساحات كبيرة.

➤ **النشاط البركاني:** يُؤدّي ارتفاع درجات الحرارة المُرافقة لتدفق اللابات أو الحُطام البركاني من بعض البراكين المُنتشرة في المناطق القطبية أو شبه القطبية، إلى صهر كميات هائلة من الجليديات، مكونة السيول الطينية البركانية المدمرة "الوحل البركاني".

➤ **الأمطار الغزيرة والترطيب:** تُسهم الهطولات المطرية الغزيرة في تغلغل وتسرب الماء بين فراغات مكونات الصخر الحبيبة، مُؤدياً إلى زيادة وزنها من جهة وخفض قوى الترابط بين مكوناتها من جهة أخرى، ويُسهم في الكثير من الأحيان في تشكيل مسيلات مائية طينية، وهذا يُساعد على انزلاق هذه الصخور وكذلك جرف الحطام الصخري ونقله إلى المنحدرات الجبلية، وكذلك جرف قطاعات التربة في مناطق الغابات أو الأحرش المحترقة، كما وتحدث بعض الانزلاقات الأرضية نتيجة الترطيب وتشبع الأرضي بالمياه المتسربة إليها من خزانات المياه الجوفية.

➤ **تأثير درجات الحرارة:** ولها تأثير كبير وأساسي سواء عند ارتفاعها أو انخفاضها، كالفروقات الحرارية السائدة في المناطق الجافة وشبه الجافة والصحراوية فالصخور تتألف عادةً من مجموعة من الفلزات التي تتفاوت في معاملات تمددها أو تقلصها، وبالتالي فإن تكرار حادثة تمدد وتقلص هذه الفلزات تقود في نهاية المطاف إلى تفتت وتهشم صخورها.

➤ **العوامل البشرية والنشاط الإنشائي والعمراني:** نتيجة التزايد السكاني المتزايد والمُضطرد في الوقت الحاضر وبسبب تدني مساحات الأرضي المُنبسطة، وهذا دفع الناس إلى البناء على السفوح والمنحدرات الجبلية أو بالقرب من مناطق مجاري السيول وجوانب الوديان التي تؤدي إلى زيادة وزن الكتل الصخرية المتوضعة على المنحدرات فيؤدي إلى عدم استقرارها وثباتها، كما تؤدي عمليات إزالة الغطاء النباتي بالإضافة إلى شق الطرق وعمليات الحفر والتحجير واستعمال المتفجرات (الديناميت) من أجل استخراج التوضعات المعدنية التي تكون على هيئة ركائز لما يعلوها من فُتات أو حطام صخري غير مُتجانس أو لدى استخراج الصخور والرمال الضرورية لأغراض البناء أو رصف الطرقات التي قد يُشكل بعضها جُذراً استنادية للطبقات الصخرية أو للركام الصخري والتربة التي تعلوها، أو يؤدي إلى خلخلة قوى الترابط بين الطبقات الصخرية وعدم استقرار الصخور ثم سقوطها نتيجة العوامل المذكورة المُحفزة لذلك.

2-3- التقسيم العام لعمليات الحوادث الثقيلة:

تتباين عمليات الحوادث الثقيلة تبعاً إلى:

- طبيعة ونوع ودرجة تجانس المواد المتبددة، فيما إذا كانت تُمثل كتلاً متماسكة كالطبقات الصخرية، أو غير متماسكة كطبقات الترب أو الحطام الصخري أو الوحل الغضاري.

- طبيعة حركة المواد المتبددة: والتي تُقسم إلى أربعة أنواع رئيسة هي: "السقوط، والانزلاق، والتدفق، والزحف".

- سرعة حركة المواد المتبددة: وتُقسم إلى نوعين هما:

- **حركة سريعة:** وتحدث بشكل مفاجئ وتنتهي خلال دقائق، مثالها: سقوط الصخور والحطام الصخري، وانزلاق الطبقات الصخرية، والانهييارات الصخرية وسيول الفتات الصخري والهبوطات الأرضية.

- **حركة بطيئة:** تتم ببطء شديد وتستمر فترات زمنية طويلة وتكون مسؤولة عن نقل كميات هائلة جداً من الحطام الصخري تفوق كميات الحطام الصخري المنقولة بواسطة الحركات الأرضية السريعة، نذكر من أنواعها زحف التربة وانهييارها.

2-3-1- الانزلاقات والانهيارات الأرضية سريعة الحركة:

2-3-1-1- تساقط الصخور والحطام الصخري Rock Falls: تُشاهد بشكل شائع في المناطق الجبلية ذات المناخات الباردة أو المعتدلة أو المدارية الجافة، وتتم عملية تساقط الكتل وأنقاض الصخور بشكل خاطف وسريع بالسقوط الحر أو التدحرج أو القفز. ويكون الدور الرئيس الفعال للجاذبية، بينما لا يكون للماء أي دور يُذكر، حيث تسقط الكتل الصخرية والحطام الصخري تحت تأثير الجاذبية من أعالي وحواف الجروف الصخرية إلى أسفل المنحدرات (شكل-8).

شكل-8: رسم تخطيطي يمثل آلية سقوط الكتل الصخرية.

2-1-3-2- انزلاق الصخور "الانزلاق الأرضي المستوي" Landslide: تنتشر هذه الظاهرة في المناطق الجبلية المطيرة، حيث تنزلق الطبقات الصخرية الكتلية الصلدة التي تتركز فوق طبقات صخرية طينية لدنة مُشبعة بالمياه ضعيفة التماسك إلى أسفل المنحدرات مكونة ما يُسمّى مخاريط ركامية أو مراوح ركامية تتجمع عادة أسفل السفوح الجبلية ذات ميل الانحدار الشديدة كما تجدر الإشارة هنا إلى أن التركيب الصخري للمواد الركامية يكون مُماثلاً لتركيب الجروف والمنحدرات الجبلية المتساقطة أو المنزلقة عليها وتتألف غالباً من قطع صخرية خشنة مدببة (شكل-9).

شكل-9: رسم تخطيطي يمثل آلية انزلاق الطبقات الصخرية.

2-1-3-3- الانهيارات الصخرية Rockfalls: تحدث عملية الانهيارات الصخرية المُنتشرة على سطوح المنحدرات عند تكسر وتفتت بعض الطبقات الصخرية السطحية التي تتركز على طبقات صخرية مُتماسكة تقع أسفلها نتيجة عمليات التجوية الفيزيائية الناجمة عن ذوبان الجليديات والتي تُؤدّي إلى التقليل من درجة التماسك والاحتكاك بين الكتل الصخرية وتُساعد على انزلاقها على المنحدرات الجبلية، ففي المناطق الجبلية الباردة تتغلغل مياه الأمطار عبر الشقوق الصخرية وتعمل على تفتيتها لدى تحولها إلى جليد بسبب الضغوط الناتجة عن زيادة حجم الماء المُجمد ويبقى هذا الفتات الصخري مُتماسكاً وملتصفاً بالجليد المُحيط بها، في فصل الربيع ونتيجة ارتفاع درجة الحرارة يذوب الجليد ويتفكك الحُطام الصخري فجأة وينهار أو يتساقط

(شكل-10). وتتم مثل هذه الانهيارات الجبلية أو الصخرية عادةً بشكل سريع ومُفاجئٍ مُسببةً انهيار آلاف الأطنان من الحُطام الصخري الذي ينتقل مُتحركاً بسرعةٍ قد تزيد على 100 كم/سا مُسبباً كوارث ضخمة.

شكل-10: انهيار الكتل الصخرية على المنحدرات الجبلية نتيجة ذوبان الثلوج.

2-3-1-4 سيول الفُتات الصخري "Debris-flow torrent": وتنتج نتيجة هطول الأمطار الغزيرة في مناطق الأودية البينية الجبلية، وهذا يؤدي إلى اندفاع كميات هائلة من سيول الحُطام والفُتات الصخري الغني بالمواد الغضارية وتدفقها على الجوانب الهامشية للأودية، أو تتراكم وتتوضع أسفل تلك الأودية على هيئة تراكُمات غُضارية تأخذ شكل الساعة الرملية (شكل-11).

شكل-11: رسم تخطيطي يمثل آلية تشكل سيول الفتات والخطام الصخري.

2-3-1-5- التدفق الطيني Mudflows اللاهار Lahar: أصل الكلمة مُشتق من اللغة الأندونيسية وتعني السيل الطيني "الوحد" أو التدفق الطيني الممزوج بالمقذوفات البركانية، وتتشكل في المناطق الجبلية الباردة ونتيجة ذوبان الجليديات بسبب ارتفاع درجات الحرارة المرافقة لتجدد النشاط البركاني تتشكل سيول لتدفقات طينية حارة مدمرة تسمى اللاهار، تجرف هذه السيول الحارة الفتات أو الرماد البركاني على منحدر البركان نحو الأسفل بشكل مُباغت لمسافة تراوح بين 40-100 كم وبسرعة تصل لنحو 100 كم/سا (شكل-12).

شكل-12: صورة لسيول طينية مائية حارة مختلطة مع فتات وخطام ورماد بركاني "اللاهار"،
"بركان سانت هيلين، عام 1982م".

2-3-1-6- الانهيار الثلجي أو الجليدي "التيهور" Debris Avalanche: ومُصطلح
التيهور مُشتق من اللغة العربية، ويُعرف أنه الانهيار أو الانزلاق المُباغت لكميات هائلة من
التوضعات الثلجية والجليدية على سطوح المنحدرات الجبلية، ناقلةً معها كميات هائلة من
التربة والفُتات الصخري والأقفاص بُعيد هطولات مطرية غزيرة، ويَتحرك التيهور عادةً بسرعة
كبيرة تزيد على 150 كم/سا، لذلك يكون لها نتائج مُدمرة للغاية بسبب الأضرار الجسيمة التي
تُحدثها بالمباني والغابات وكذلك بالمنتجات الجبلية (شكل-13)، ويحدث التيهور إما عند
ازدياد ثقل كميات الثلج على المنحدرات الجبلية فتبدأ بالانزلاق نحو الأسفل أو في فصل
الربيع عندما يبدأ الطقس بالدفء ويأخذ الثلج بالذوبان وتزداد قابليته للانزلاق.

شكل-13: صورة لانهيارات الجليدية "التيهور".

2-3-1-7- هبوط التوضعات الصخرية Debris Rocks fall: وتُعدُّ من الظواهر
الجيولوجية واسعة الانتشار ولا سيما في المناطق الجبلية ذات الجروف الصخرية شديدة
الانحدار والغنية بالمواد الطينية "الغضارية"، وتنزلق وتهبط التوضعات الصخرية تحت تأثير
قوى الجاذبية الأرضية (شكل-14)، وقد يحدث الانزلاق والهبوط أيضاً نتيجة تفتت وإزالة مواد

صخور القاعدية التي تتركز عليها أو نتيجة زيادة الحمولة في مناطق أعالي المنحدر وهذا يسبب ضغطاً داخلية كبيرة على المواد الموجودة في قاعدته.

شكل-14: رسم تخطيطي يمثل آلية حدوث انزلاق وهبوط التوضعات الصخرية.

2-3-1-8- تدفق التراب Earthflow: تُعدّ التدفقات الغضارية والأرضية من عمليات الحوادث الثقيلة التي تحدث على سطوح المنحدرات الجبلية في المناطق المطيرة الغنية بالصخور الغضارية والفقيرة بغطائها النباتي، تتشبع طبقات الغضار بمياه الأمطار وتنتج فلزات الطين الموزعة بين مكونات الفتات الصخري مؤدية إلى زيادة كبيرة في وزنها الإجمالي وهذا يؤدي إلى دفع التوضعات الغضارية على طول سطوح المنحدرات نحو الأسفل، هذا وتتفاوت سرعة تدفق التراب بين بضعة أمتار في الساعة إلى عدة أمتار في الدقيقة وذلك تبعاً لدرجة تشبعها المائي وتجانس مكونات الفتات الصخري وشدة ميل سطوح المنحدرات الجبلية (شكل-15).

شكل-15: رسم تخطيطي يُمثل آلية تشكّل التدفقات الأرضية.

2-3-1-9- الانزلاق الأرضي الدوراني Land Slide Rotation: وتُمثل انزلاق الكتل الصخرية والمواد الحُطّامية غير المتماسكة كوحدة واحدة على سطح مُنحدرات مُقعرة "مُنخفضات"، وتتمّ عمليات الانزلاق الأرضي عادةً وبشكل شائع في المناطق الجبلية المُرتفعة عقب حدوث الهزات الأرضية أو عقب هطول الأمطار الغزيرة ولفترات زمنية طويلة (شكل-16).

شكل-16: رسم تخطيطي يُمثل آلية حدوث الانزلاقات الأرضية.

2-3-2- الانزلاقات والانهيارات الأرضية بطينة الحركة:

2-3-2-1- زحف التربة Soil creep: تُعدّ عملية زحف التربة من الظواهر الأكثر انتشاراً في الطبيعة، تحدث على السطوح الرطبة قليلة الانحدار (شكل-17)، على هيئة حركة بطيئة غير محسوسة ويستغرق حدوثها فترات زمنية طويلة على العكس تماماً من ظواهر الحوادث الثقيلة الأخرى "الانزلاقات الصخرية، سيول الفتات الصخري، الانزلاقات الغضارية وتدفق الترب" والتي تتميز بحدوثها السريع والمفاجئ وانتشارها على جوانب المناطق الجبلية ذات الانحدارات الكبيرة. ويُلاحظ حدوثها من خلال رصد التشوهات والإزاحات على مُحيط المزارع أو من ميل أعمدة الكهرباء والهاتف أو انحناء جذوع الأشجار.

تُساهم عملية زحف التربة في الطبيعة في نقل مُعظم الحُطام الصخري الذي تتشكّل على السطح الخارجي للأرض نتيجة عمليات التجوية المختلفة إلى المناطق المنخفضة حيث تبدأ عمليات النقل الجيولوجية المختلفة كالرياح، والتيارات المائية والكتل الجليدية بنقل هذا الحُطام الصخري إلى الأحواض الترسيبية، هذا وتتنابض سرعة زحف التربة تبعاً لدرجة الميل والانحدار، كما ويُوفر المناخ الرطب شروطاً مناسبة لعملية الزحف، بينما يُعيق انتشار الغطاء النباتي والغابي الكثيف حدوثها، فجذور النباتات تعمل على تثبيت الفتات الصخري وإيقاف أو إبطاء عملية الزحف.

شكل-17: رسم تخطيطي يوضح آلية حدوث زحف التربة.

2-2-3-2- الهبوطات الأرضية Subside: وهي فجوات أو تجاويف مُوزعة في باطن الأرض تنشأ نتيجة هبوط كتل صخرية ضخمة أو كميات هائلة من التربة والانقراض الصخرية بشكل مُتعامد مع السطح الخارجي للأرض. وتنتشر ظواهر الهبوطات الأرضية عادةً في مناطق المناجم المهجورة أو مناطق وجود الكهوف الكارستية الناجمة عن فعل إذابة المياه الجوفية للصخور الكلسية أو انحلالها تحت تأثير مياه الهطولات المطرية الحمضية، أو نتيجة ذوبان أو انحلال الصخور الملحية الجوفية بسبب تدني مستويات المياه الجوفية، وهذا يؤدي إلى ضعف الطبقة السطحية وانهيارها بشكل مفاجئ مُكونة مجموعة من الحفر التي تتفاوت بأبعادها وأعماقها بدرجة كبيرة (شكل-18). ومن الأسباب التي تُساعد على تكون مثل هذه الحفر والتجاويف الأرضية: هطول الأمطار الغزيرة بعد فترات جفاف طويلة، وعدم ترشيد استعمال المياه الجوفية لأغراض الري أو انهيار شبكات الصرف الزراعي أو الصحي.

2-2-3-3- تعرية "تآكل" الشواطئ Coastal erosion: تعمل التيارات المائية المُتمثلة بحركتي المد والجزر وكذلك حركة الأمواج الدائمة وما تحمله من فُتات وحطام صخري دقيق أو مُتوسط الحجم عمل المعاول والمطارق التي تصطدم بصخور الشواطئ مُؤدية إلى تفتتها وتهشمها ثم تآكلها (شكل-19)، هذا وتتنابض سرعة انهيار الشواطئ تبعاً لطبيعة الصخور ودرجة صلابتها وتماسكها، وزاوية اصطدام التيارات المائية بها وكمية الحطام والفُتات الصخري المنقول مع الماء. وينشأ عن تعرية "تآكل" الشواطئ مجموعة من الآثار التدميرية، حيث يتم تراجع خط الشاطئ وتقدم البحر نحو اليابسة، وما يُرافقه من تدمير لجزء مُهم وكبير نسبياً من المنشآت العمرانية والمنتجعات السياحية والطرق الساحلية.



شكل-18: صورة لإحدى الهبوطات الأرضية في شبه جزيرة يامال شمالي سيبيريا.

شكل-19: صورة لإحدى الشواطئ البحرية توضح آلية انهيار الشواطئ وتآكل صخورها.

2-4- أشهر الكوارث الناتجة عن الانهيارات والانزلاقات الأرضية:

يُوضح (الجدول-2) أشهر الكوارث الناتجة عن الانهيارات والانزلاقات الأرضية والطينية التي شهدتها القرن الماضي والعقد الأول من القرن الحالي، وعدد الضحايا البشرية الناجمة عنها.

جدول-2: أشهر الكوارث الناتجة عن الانهيارات والانزلاقات الأرضية.

الضحايا البشرية بالنسمة	مكان حدوثه	تاريخ حدوثه	طبيعة الانهيار أو الانزلاق الأرضي	
5110	أندونيسيا	1919م	تدفق طيني	1
180000	الصين	1920م	تدفق طيني	2
20000	الاتحاد السوفيتي	1949م	انهيار جليدي	3
151	نيوزلندا	1953م	لاهار	4
4000	البيرو	1962م	انهيار صخري	5
2000	إيطاليا	1963م	انهيار صخري	6
70000	البيرو	1970م	انهيار جليدي	7
28000	كولومبيا	1985م	تدفق طيني	8
1000	الأكوادور	1987م	تدفق جليدي	9
30	مصر	1993م	انهيار صخري	10
10000	كولومبيا	1999م	تدفق جليدي	11
230000	باكستان	2004م	تسونامي	12
1117	الصين	2005م	انهيارات أرضية	13
2700	أفغانستان	2005م	تدفق طيني	14
1090	الفلبين	2006م	انزلاقات أرضية	15
270	اليمن	2006م	انهيار صخري	16
634	كوريا الشمالية	2007م	فيضانات	17
3900	الصين	2007م	فيضانات	18
247	مصر	2008م	انهيار صخري	19
1800	الصين	2010م	انزلاقات أرضية	20
1239	الصين	2010م	تدفق طيني	20

لقد أوضحت دراسة نُفذت مؤخراً في جامعة دورهام البريطانية، أن الدول النامية هي الدول الأكثر تضرراً من تأثير وفعل الانزلاقات والانهيارات الأرضية، وبلغ عدد ضحاياها بين عامي 2004 - 2010م نحو 32.500 شخص، كان أغلبهم من سكان قارة آسيا، لا سيما منطقتي جبال الهيمالايا والصين (شكل-20).

شكل-20: خارطة توزع الانهيارات والانزلاقات الأرضية بين عامي 2004-2010م.

- 2-5- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من الانهيارات والانزلاقات الأرضية والحد من خسائرها:
- من خلال الدراسات النظرية أو المشاهدات الميدانية لتقصي أسباب حدوث الانهيارات والانزلاقات الصخرية أو التدفقات الطينية من قبل الباحثين، تم وضع واقتراح مجموعة من الإجراءات يتم اتباعها من أجل خفض أو الحد من الكوارث الناجمة عنها، تتلخص بالإجراءات الآتية:
- نشر الوعي البيئي في جميع أوساط المجتمع من خلال برامج التوعية في المدارس كذلك تسخير وسائل الإعلام من أجل توعية الناس بمخاطر الانهيارات والانزلاقات الأرضية.
 - الحد من انتشار البناء العشوائي غير المنظم لتفادي ما قد ينجم عنه من أضرار مادية وخسائر بشرية.
 - استشارة الجهات ذات الاختصاص قبل أو عند تنفيذ أي من المشاريع الإنشائية، بهدف إجراء الدراسات الجيوهندسية والجيولوجية والتكتونية والزلزالية للمواقع المراد تنفيذ المشاريع عليها.
 - إنشاء وتصميم وتنفيذ قنوات تصريف لمياه الأمطار على امتداد المنحدرات والسفوح الجبلية، للحد أو لمنع تسربها إلى الكتل الصخرية أو الحطام والفتات الصخري القابل للسقوط.

- تثبيت شباك معدنية صلدة على امتداد المنحدرات والسفوح الجبلية ذات الميول الشديدة لمنع أو للحد من تساقط الكتل والأنقاض والفئات الصخري المتوضع عليها.
- غرز وتثبيت جدر معدنية أو حواجز إسمنتية خرسانية استنادية أسفل المنحدرات والسفوح الجبلية، تمنع أو تحد من تساقط الكتل الصخرية.
- حقن الفواصل والشقوق الصخرية بالمواد الإسمنتية وذلك لمنع أو الحد من تسرب أو تغلغل المياه السطحية كمياه الأمطار فيها، وبالتالي منع تشرب الطبقات الطينية بالماء.
- زراعة الأشجار ذات التجمع الجذري الكثيف على امتداد المنحدرات والسفوح الجبلية ذات الميول الشديدة لمنع أو الحد من انجراف القطاع التري.
- عمل مصاطب ومُدرجات على امتداد المنحدرات والسفوح الجبلية ذات الميول الشديدة، من أجل الحد من انجراف التوضعات الصخرية والفئات الصخري المتوضع عليها.
- عدم بناء المساكن أو استحداث أي مبانٍ أو أدوار إضافية على امتداد المنحدرات والسفوح الجبلية كونها ترفع من كتلتها وتشكل حملاً إضافياً يُحفز من انهيارها وانزلاقها.
- إزالة جميع المخلفات المتراكمة ضمن المسيلات المائية أو المنعطفات النهرية، للحد من الفيوض المائية الجانبية وجريان المياه.
- إخلاء كافة المنشآت العمرانية والمنازل التي تعرضت لهزات أرضية عنيفة، أو للانهييارات والانزلاقات الصخرية وأدت إلى تشققها، تحسباً من سقوطها المفاجئ والمباغت فوق رؤوس قاطنيها .
- عدم الاقتراب من أماكن تساقط الكتل الصخرية أثناء أو بُعيد الهطولات المطرية الغزيرة، لأن مياه الأمطار الآتية من قبل الجبال تمر عبر مناطق الانهيار حيث تعمل المياه على تعرية وإذابة وجرف المواد المُساندة لهذه الصخور .
- رصد ومراقبة الشقوق والفواصل الصخرية خلال موسم سقوط الأمطار ومعرفة مدى اتساعها وتباعدها.
- مراقبة الانهييارات والانزلاقات الأرضية وتحديد وتقييم درجة ومدى خطورتها، من تفسير مُعطيات الاستشعار عن بُعد وصور الأقمار الصناعية.
- استعمال تقانات الليزر والرادار المحمولة جواً، مثل LiDAR و InSAR، وإعداد خرائط جيوبينية ومن ثم تُحدد مواقع الانهييارات والانزلاقات الأرضية المؤكدة أو المُحتملة عليها.

الباب الثاني

الكوارث الطبيعية ذات المنشأ الباطني أو الكوارث ذات المنشأ "التكتوني"

الفصل الثالث:

البراكين والنشاط البركاني Volcanoes and Volcanic activity

الفصل الرابع:

الزلازل والهزات الأرضية Earthquakes

الفصل الخامس:

أمواج التسونامي Tsunami wave

الفصل السادس:

التصدعات والتشققات الأرضية Fault and Erthy cracks



3- الفصل الثالث

البراكين والنشاط البركاني



3-1- المقدمة:

يعود لفظ البركان Volcan إلى الرومان، فقد أطلقوا هذه التسمية على إله النار والحدادة (فولكان)، وكانوا يعتقدون أن الجبل الذي يُطل على خليج نابولي في إيطاليا ما هو إلا مدخنة لأتون كبير يُوقده هذا الإله. هذا وتمثل البراكين Volcanoes المنافذ والمخارج الطبيعية التي تتوزع على السطح الخارجي للأرض، والتي تخرج منها الصهارة السليكاتية المهل "الماغما Magma" المتواجدة في جوف الأرض على هيئة حمم صهارية "اللابة Lava" أو مقذوفات حطامية بالإضافة إلى انبعاث مجموعة من الغازات والأبخرة. وقد يترافق ذلك في بعض الأحيان بانفجارات بركانية هائلة. تم توضيح العلاقة بين تشكل المهل ونشوء البراكين وانتشارها وتوزعها على السطح الخارجي للكرة الأرضية من جهة مع حركة الصفائح الأرضية Plate Tectonics من جهة أخرى. استناداً إلى نتائج الدراسات والأبحاث المكثفة للعلماء المختصين في علم دراسة البراكين التي أنجزت في العقود الأربعة الأخيرة، والتي دعمت الافتراض العلمي، تبين أنه نتيجة تيارات الحمل الحراري المنتشرة ضمن جوف الأرض في نطاق المعطف "النشاح" (شكل-21)، تنشأ حركة دوّبة للصفائح الأرضية الرئيسية القارية والمحيطية وتنشأ مجموعة من القوى الحركية ذات الاتجاهات المختلفة والتي قد تعمل على تباعد الصفائح عن بعضها وبالتالي الشد والانفتاح أو تقاربها وبالتالي الضغط والتصادم والتراكب لهذه الصفائح الأرضية.

شكل-21: تيارات الحمل الحراري المتلاقية والمتباعدة في المعطف الوشاح الأرضي.

تؤدي هذه القوى متباعدة الاتجاه إلى حركة الصفائح التكتونية التي تقود بدورها إلى تشكل نطاقات ضعيفة ضمن الصخور المنتشرة في الأجزاء العليا من المعطف الأرضي والأجزاء السفلى من القشرة الأرضية وتشكل مجموعة من الشقوق أو الكسور والصدوع والأخاديد، التي قد تمتد إلى أعماق كبيرة ضمن المعطف الأرضي. وتسهم هذه المنظومة من الأخاديد على انخفاض الضغط الواقع والمطبق على صخور تلك النطاقات الضعيفة وهذا يقود إلى خفض درجة حرارة انصهارها مكونةً صهارة سليكاتية التركيب "الماغما" غنية ببخار الماء إضافة إلى عدد من الغازات، ونتيجة الفرق بين كثافة الصهارة مقارنة مع كثافة الصخور الصلبة المحيطة بها تصعد عبر هذه الشقوق أو الصدوع والكسور نحو الأعلى وتستمر بالصعود إلى أن تتجمع ضمن تجاويف تقع في الأجزاء العليا من المعطف الأرضي والأجزاء السفلى من القشرة الأرضية ويُطلق عليها الغرف المئوية magma chambers، ومع تزايد ضغط الصهارة السليكاتية على مناطق الضعف التي تعلوها في القشرة الأرضية، تتوسع مجموعة الشقوق والكسور والفواصل الصخرية وتتدفع عبرها الصهارة نحو الأعلى، وحين تصل إلى السطح الخارجي لليابسة أو إلى سطح قاع المحيط تسيل الصهارة مكونةً ما يُطلق عليه اسم الحمم البركانية أو اللافا Lava، وتجدر الإشارة هنا إلى أن مصطلح اللافا مُشتق من اللغة العربية من كلمة اللابة.

وعليه نجد أن البراكين هي الفتحات في القشرة الأرضية، تخرج منها الصهارة السليكاتية "المهل" من باطن الأرض بفعل الضغط العالي، كما وقد تتطلق منها كميات كبيرة من المقذوفات الصخرية

الصلبية "الفُتات الصخري، والحصى، والرمل والرماد البركاني"، بالإضافة إلى كميات هائلة من الأبخرة والغازات.

أجزاء البركان: يتألف البركان عادة من ثلاثة أجزاء رئيسية هي: قسبة البركان وفوهة البركان ومخروط البركان (شكل-22):

- **قناة البركان:** ويُطلق عليها أيضاً قسبة البركان أو مدخنة البركان، وهي الممرات التي تتسرب عبرها الصهارة السليكانية، وتمتد من أسفل فوهة البركان الرئيسية حتى الحجرات أو مستودعات الصهارة في باطن الأرض، وقد يكون للمخروط البركاني الواحد أحياناً عدة قنوات تغذية فرعية تنتهي بفوهات بركانية ثانوية.
- **فوهة البركان:** يتكون الشكل النهائي لفوهة البركان في المراحل النهائية لثورته، وتبدو عادةً على شكل تجويف مُستدير يقع في قمة المخروط البركاني، ويراوح اتساعه بين عدة عشرات الأمتار إلى عدة كيلومترات، تنبثق من فوهة البركان جميع مقذوفاته السائلة والصلبية والغازية، أيضاً قد يكون للبركان إضافة إلى فوهته الرئيسية فوهات بركانية ثانوية تتوزع على جوانبه.
- **مخروط البركان:** ويمثل الجزء الرئيس الذي يتكون منه جسم البركان، ويتألف بشكل رئيس من مجموعة الصبات المهلية أو المقذوفات الفتاتية "الحطامية" المُخرجة من فوهة البركان والمُتراكمة حوله.



شكل-22: رسم تخطيطي يوضح الأجزاء الرئيسية للبركان.

3-2- التوزيع الجغرافي للبراكين:

يتوزع حالياً على سطح الكرة الأرضية نحو ألف وخمسمائة بركان نشط أو ذي نشاط مُحتمل، وينتشر 85% منها في المحيط الهادئ، على امتداد الحدود والأطراف الهامشية للصفائح التكتونية المتصادمة، فيما يُطلق عليه اسم "حلقة النار" لشدة نشاط هذه المنطقة بالبراكين والزلازل، بينما يتوزع الجزء المتبقي منها في المناطق الرئيسية الأتية: براكين جنوب أوربا المطلّة على البحر المتوسط والجزر القريبة منها، وبراكين مرتفعات غربي آسيا، وبراكين نطاق الفالق الأفرو آسيوي، وأخيراً البراكين المنتشرة ضمن الصفائح التكتونية المحيطية، وتكون تغذيتها بالصهارة المهلية مرتبطاً غالباً بما يُسمى بالبور الساخنة (شكل-23)، هذا وتجدر الإشارة هنا إلى أن العالم يشهد سنوياً بين 40-50 نشاطاً بركانياً.

شكل-23: خارطة توضح الحدود بين الصفائح التكتونية "الخطوط السوداء المتعرجة" ومواقع توزع البراكين النشطة "النقط" وحلقة النار ذات النشاط البركاني والزلازلي العالين.

أما بالنسبة للبراكين الخاملة، فتتآكل وتندثر فوهاتها مع مرور الزمن نتيجة عمليات التجوية المختلفة، أو يمتلئ بعضها بمياه الأمطار مكونةً بحيرات جميلة جداً يمكن أن تُمثل مناطق استجمام خلاصة، أو يمكن الاستفادة من بعضها في تربية الأسماك (شكل-24).

شكل-24: صورة بحيرة بركانية.

3-3- المقذوفات البركانية: تُقسم المقذوفات تبعاً لطورها إلى مقذوفات غازية، وسائلية وصلبية.

- **المقذوفات الغازية:** تؤدي الأبخرة والغازات المرافقة للانصهار السليكاتية قبل نفث الفوهات البركانية لها، دوراً مهماً في التأثير على الشروط التيرموديناميكية لعمليات انصهار المَهْل وعلى شروط توازن مجموعة الجمل الطورية لتشكل الفلزات كذلك في عمليات التفاضل المُجْزأً للماغما وتبلور ونمو مكوناتها الفلزية، فعند ثوران البركان يتم نفث وخروج كميات هائلة من الغازات تتألف بشكل رئيس من بخار الماء (35-90%) وغاز ثنائي أكسيد الكربون (5-50%) وثنائي أكسيد الكبريت وكبريت الهيدروجين (2-30%)، إضافة إلى عدد من الغازات الأخرى التي تتواجد بشكل ثانوي ومحدود كالميثان والهيدروجين والكلور والفلور والأزوت والهليوم والأرغون، علماً أن عملية تحديد التركيب الكيميائي للمقذوفات الغازية بشكل دقيق تُعد من المسائل الصعبة والشائكة في أبحاث علوم البراكين، وذلك نتيجة تلوثها وتفاعلها وارتباطها مع غازات الغلاف الجوي مباشرة بعد انبعاثها من الفوهات البركانية (شكل-25).

شكل-25: صورة لبركان ثائر، ينفث الغازات من فوهته المركزية، وكذلك من فوهاته الثانوية.

- **المقدوفات السائلة:** يُطلق على الصهارة السليكاتية الدفينة في جوف الأرض بالمُهْل أو الماغما، لكن عند خروجها من الفوهات البركانية وتدفقها وانسيابها على السطح الخارجي للأرض يُطلق عليها اسم اللافا أو الصبات أو المسكوبات أو الطفوح أو الحمم اللافية Flood Lava، وترتبط سرعة تدفق وانسياب اللافا بمقدار لزوجتها ودرجة حرارتها وتركيبها الكيميائي، فعلى الرغم من أن الماغما تتألف من مجموعة من أكاسيد العناصر الكيميائية ونسب متفاوتة، إلا أن درجة لزوجتها أو سيولتها ترتبط بشكل رئيس ومباشر مع محتواها من السليكا أكسيد السليكون SiO_2 ، والعلاقة بينهما متوافقة، فكلما ازدادت نسبة السليكا في الماغما ارتفعت درجة لزوجتها.
- **المقدوفات الصلبة:** عندما تكون الصهارة المتدفقة عبر قناة البركان ذات لزوجة عالية جداً، فإنها تحتبس داخلها كميات هائلة من الأبخرة والغازات، ومع اقترابها من الفوهة المركزية للبركان ينخفض الضغط المطبق عليها وهذا يؤدي إلى انفجار هائل تتطاير نتيجته الأجزاء العليا من البركان وفوهة البركان وتنطلق الصهارة في الهواء وتتبرد بسرعة في الهواء بسبب الفرق الكبير بين درجة حرارتها وحرارة الهواء وتتصلب مكونة مواداً صلبة حطامية بيروكلاستية Pyroclastic يُطلق عليها مُصطلح "التفرا" Tephra.

تُصنف المواد النارية الحطامية عادةً تبعاً لأبعادها وحجومها إلى عدة أنواع، أصغرها حجماً يضم الغبار البركاني والرماد البركاني، تقل أبعاده عن 2 مم Volcanic ash، الرمال والحصى البركاني والفُتات البركاني وتراوح أبعاده بين 2-64 مم ويُطلق عليه اسم اللابيلي Lapilli وأخيراً الكتل والقنابل ذات الأشكال البيضاوية المغزلية والتي تكون أبعادها أكبر من 64 مم. تُقذف مقذوفات البركان الصلبة مُتطايرة في الغلاف الجوي، فتبرد جزئياً وتبدأ بالتصلب وتهبط بفعل الجاذبية الأرضية نحو سطح الأرض جميع الكتل والقنابل والحصى والرمل البركانية بالقرب من فوهة البركان، وبسبب الحرارة السائدة هناك فإنها تلتحم مع بعضها البعض وتكون جسم البركان المخروطي الذي يُدعى عندئذ ببركان الحُطام، بينما يتم انتقال جزء كبير من الرماد البركاني والغبار البركاني فور انطلاقه من الفوهات البركانية نتيجة حجمه الناعم بواسطة الرياح لمسافات كبيرة جداً تُراوح بين عدة مئات إلى عدة آلاف من الكيلومترات. يتشكل الطفل البركاني عادةً عند تراكم الرماد البركاني فوق بعضه، بينما ينتج الطفح البركاني الوحلي عند اختلاط الرماد البركاني بالماء الناتج عن ذوبان التوضعات الجليدية أو مياه الأمطار فتتكون جداول مائية مُدمرة تتميز بدرجة حرارتها المرتفعة وسرعة جريانها التي قد تزيد على المئة كيلومتر في الساعة "اللاهارة".

3-4- أنواع البراكين types of volcanoes: لقد قسم البتروولوجيون الأنواع المُختلفة للبراكين تبعاً لمجموعة من المعايير أكثرها شيوعاً.

• **الشكل الخارجي للبركان:** يتحدد شكل البركان وحجمه وأبعاده بشكل رئيس تبعاً للتركيب الكيميائي لحممه ومسكوباته، وعليه تم تحديد الأنواع الثلاثة الرئيسية الآتية:

➤ **براكين درعية Shield-Volcano:** وتتكون نتيجة تتابع وتراكم مسكوبات وطفوح اللافا القاعدية بازلتية التركيب الغنية بالحديد والمغنيزيوم والفقيرة بالسليكا، مُنخفضة اللزوجة أي إن درجة سيولتها مُرتفعة نسبياً وهذا يُساعد على تدفقها مسافات كبيرة مُبتعدة عن موقع مصدرها "فوهة البركان" قبل أن تبرد وتتصلب، لذلك تحتل مساحات كبيرة، تتوضع الصبات البازلتية فوق بعضها مكونةً تلالاً أو هضاباً أو قباباً مُتوسطة الارتفاع ذات قاعدة واسعة الانتشار وقمم عريضة وجدران ميولها منخفضة لطيفة لا تزيد على بضعة درجات، تتميز هذه البراكين عادةً بتعدد قنوات تغذيتها وتعدد فوهاتها.

تثور معظم براكين الدروع في القيعان المحيطية مئات إلى آلاف المرات ينسكب مع كل ثورة بركانية منها لابات بازلتية تمتد إلى مسافات كبيرة، لكن تكون ثخانتها محدودة. ولا تتجاوز المتر الواحد، ويؤدي تكرار الثورات البركانية أحياناً إلى تشكل براكين شاهقة الارتفاع، مثال ذلك بركان ماونا لوا، وهو أحد براكين هاواي. والذي يرتفع عن سطح البحر نحو 5 كم وعن قاع المحيط نحو 10 كم ويبلغ قطر قاعدته نحو 100 كم. ومن الأمثلة النموذجية للبراكين الدرعية أيضاً بركان ماونا كيا وبركان كيلاويا وبركان بيل في جبال كاسكيد وسط أوريغون.

➤ **براكين حُطامية أو فُتاتية Pyroclastic-Volcano:** وتتميز البراكين الانفجارية ذات الانماغا للزجة والتركيب الحمضي، يؤدي إلى تراكم المقذوفات الحطامية البركانية "انفرا" حول فوهة البركان لتكوين تلال أو جبال مخروطية الشكل ذات ميول وانحدارات مُتوسطة. ومن أهم أمثلتها بركان باريكوتين في المكسيك وبركان برومو في أندونيسيا وبركان ريد هيل بكاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية.

➤ **براكين مركبة أو مُعقدة Complex-Volcano:** تتكون نتيجة تتابع وتتابع وتراكم كل من تدفقات الحمم والمسكوبات والطفوح المهلية الأنديزيتية - الريوليتية، مع المقذوفات الحطامية البركانية "انفرا"، يتراكم هذا التتابع مُتوضّعاً على جسم المخروط البركاني وحول فتحة البركان على هيئة طبقات مُتعاقبة، لذلك وفي الكثير من الأحيان يُطلق على هذا النوع من البراكين اسم البراكين المُتطبقة Strato-Volcano، تُشكل البراكين المُعقدة جبالاً مرتفعة مخروطية الشكل ذات ميول وانحدارات عالية، وينبعث أثناء نشاطها كميات هائلة من الغازات. من أهم أمثلتها بركان فيزوف وجبل إيتنا في إيطاليا، وبركان مايون وبركان بيناتوبو في الفلبين، وبركان جبل سانت هيلينز في واشنطن بالولايات المتحدة الأمريكية وبركان كوتوباكسي في الإكوادور وبركان فوجي في اليابان وبركان كراكاتاو في أندونيسيا وبركان نجاوروهوا وبركان روبيهو في نيوزيلندا وبركان بوبوكاتبينل في المكسيك.

• **درجة نشاط البركان:** تُصنف البراكين تبعاً لدرجة نشاطها في ثلاثة أنواع رئيسة هي:

➤ **البراكين النشطة:** وهي البراكين التي لا تزال نشطة حتى الوقت الحالي أو التي تنثور من وقت لآخر خلال فترات قصيرة (عدة سنوات)، فتَقذف من فوهاتها الحمم أو المقذوفات

الخطامية الصلبة أو تتبعث منها الغازات. تنتشر البراكين النشطة في جنوب إيطاليا ومنطقة شرقي البحر المتوسط وأمريكا الوسطى، ومن أهم أمثلتها بركان استرامبولي في الجزر الإيطالية، وبركان مونالوا وموناكيا في هاواي.

➤ **البراكين الهادئة أو المتقطعة:** هي البراكين التي لا تبدي أي مظهر من مظاهر النشاط البركاني، إلا أنها من الممكن أن تصبح نشطة في أي وقت من الأوقات دون سابق إنذار وتنفذ حممها. وهي غالباً ما تكون قد ثارت خلال عشرة آلاف السنة الأخيرة، ومن أهم أمثلتها بركان إتنا، وبركان فيزوف، وبركان مونت تمبورا، وبركان كراكاتوه في أندونيسيا، وبركان مونت بيليه في المارتينيك، وبركان مونت سان هيلين في ولاية واشنطن بأمريكا.

➤ **البراكين الخاملة أو الهامدة:** وهي البراكين التي لم تبد أي مظهر من مظاهر النشاط البركاني منذ أكثر من عشرة آلاف سنة، تمتلئ فوهاتها عادة بمياه الأمطار ويُطلق عليها حينئذ اسم البحيرات البركانية أو بحيرات الكالديرا. ومن أهم أمثلتها براكين المملكة العربية السعودية وكلها عبارة عن براكين خاملة لم تنشط منذ ما يزيد على نحو 1.8 مليون عام تقريباً.

• **شدة انفجار البركان:** ترتبط درجة وعنف انفجار البركان مع طبيعة التركيب الكيميائي للمagma المتدفقة من أعماق الأرض، وعليه قسمت البراكين إلى:

➤ **براكين انفجارية:** هي أيضاً براكين الحطام أو الفتات البركاني، تتميز بصهارة ماغماتية لزجة حمضية التركيب، ولها قدرة عالية على الاحتفاظ بالبخار والغازات، وهذا يؤدي إلى عرقلة حركة الصهارة ضمن قناة أو قسبة البركان إلى أن يزداد كمية الغازات لدرجة تؤدي إلى انفجار فوهة البركان وجزء أو كامل قناة قسبة البركان.

➤ **براكين غير انفجارية:** وهي البراكين ذات الصهارة أو المagma القاعدية البازلتية غير اللزجة، والحرارة المرتفعة نحو 1400م° والفقيرة بالغازات، بحيث لا يوجد ما يعرقل حركتها ضمن قناة البركان، تتبثق صهارتها من فوهة البركان وتسيل لمسافات كبيرة، تأخذ البراكين غير الانفجارية عادةً شكل التضريس الأصلي وعندما تواجه جروفاً فإنها تكون شلالات من المواد المنصهرة الحارة، من أهم أمثلتها براكين جزر هاواي.

➤ **النموذج البركاني:** تم تحديد أربعة نماذج رئيسة مختلفة للبراكين هي:

➤ **نموذج هاواي:** تمت تسميته نسبة إلى براكين جزر هاواي، وتركيب صهارته السليكاتية قاعدية بازلتية التركيب وهي قليلة اللزوجة، تصل حرارتها لنحو 1400م°، تتدفق عند ثورانه اللابات البازلتية وتسيل من فوهة البركان على سفوحه لمسافات كبيرة إلى أن تبرد وتتصلب، يكون نموذج هاواي براكين درعية، تتميز بسعة امتدادها وقلة ارتفاعها وميولها اللطيفة والتي لا تزيد على 15°.

➤ **نموذج إسترامبولي:** تمت تسميته نسبة إلى بركان إسترامبولي الموجود في إيطاليا، تتميز صهارته السليكاتية بتركيبها الحمضي وبلزوجتها العالية وتبلغ حرارتها نحو 1000م°، تُصاحب براكين هذا النموذج حدوث انفجارات بركانية هائلة مُتتالية ومُتتالية يفصل بينها فترات هدوء للنشاط البركاني، تترافق بانطلاق كميات ضخمة من المقذوفات الغازية والحطام البركاني، وهذا يؤدي إلى تكوين مخاريط بركانية حُطامية قَتاتية مُتوسطة إلى شاحقة الارتفاع ذات ميول حادة تراوح بين 30-45°.

➤ **نموذج فيزوفي:** ويُعد من أشهر براكين الكرة الأرضية الحديثة، تمت تسميته نسبة إلى بركان فيزوف القريب من ميناء نابولي في إيطاليا، تنتشر براكين النموذج الفيزوفي بشكل كبير على السطح الخارجي للأرض مقارنة مع النماذج الأخرى للبراكين. يشابه النموذج الفيزوفي لحد كبير مع البراكين الانفجارية، تتميز صهارته السليكاتية بتركيبها المتوسط إلى الحمضي "أنديزيتية إلى ريوليتية"، تترافق ثورات براكين هذا النموذج بانفجارات هائلة تتدفق نتيجة لها كميات هائلة من المقذوفات البركانية الصلبة الحطامية "بيروكلاست" مكونة سحابة بركانية ضخمة، يتساقط منها وابل من الرماد البركاني، كما يمكن أن تتدفق الصهارة عبر قنوات البركان الثانوية.

➤ **نموذج مونت بيلية:** تمت تسميته نسبة إلى بركان مونت بيلية إحدى جزر المارتينيك، ويُعد أيضاً أحد أنواع البراكين الانفجارية، صهارته السليكاتية ذات طبيعة حمضية لزجة جداً، تصعد ببطء شديد عبر قناة البركان، لذلك فهي تبرد وتتصلب وتُشكل في الكثير من الأحيان مسلات بركانية مركزية تسد قناة البركان الرئيسة وترتفع فوق فوهته، تتراكم تحتها كميات هائلة جداً من الأبخرة والغازات البركانية، يستمر ذلك لمرحلة يستطيع معها الضغط المتزايد والنتائج عن تراكم هذه الأبخرة والغازات من فتح القناة المركزية للبركان وتحطيمها محدثاً انفجارات بركانية ضخمة جداً، تتطلق الأبخرة والغازات البركانية مُحملة

بالرماد والغبار البركاني مكونةً سحابة سوداء، يتسبب الرماد الملتصق المتساقط على المناطق المجاورة للبركان في حدوث حرائق هائلة.

3-5- إمكانية التنبؤ بثوران البراكين:

لا يُمكن التنبؤ بمعظم الثورات البركانية، لذلك عمد العلماء على وضع مرصد مزودة بأجهزة إنذار مبكر على منحدرات المخاريط البركانية، هدفها مراقبة وقياس بعض الظواهر التي عادة ما تسبق ثوران البركان، مثل:

- تمدد مخروط البركان بشكل طفيف، نتيجة تجمع المهل في قنواته المركزية.
- تسجيل هزات أرضية متباعدة الشدة، مرافقة لتدفق وصعود الصهارة من الغرف المهيأة باتجاه قناة البركان.
- التغيرات في ميل التراكيب الجيولوجية المتاخمة للمخروط البركاني نتيجة تدفق المهل نحو القناة البركانية.
- ارتفاع درجة حرارة المناطق المجاورة لمخروط البركان، ويُمكن الاستدلال عليها من التصوير بالأشعة تحت الحمراء.
- التغيرات في قوة واتجاه المجال المغناطيسي للمناطق المجاورة للمخروط البركاني.
- التغيرات في قوة واتجاه المجال الكهربائي للأرضي والمناطق المجاورة للمخروط البركاني.
- التغيرات في الصفات الفيزيائية أو/و الكيميائية لمياه الينابيع الحارة والنفورات الأرضية والبحيرات البركانية.
- السلوك غير الاعتيادي والمتوتر لدى بعض الحيوانات.
- انطلاق أبخرة أو/و سحب غازية من فتحة البركان.
- انصهار الثلوج والجليد المتوضعة فوق السطوح العليا للمخاريط البركانية نتيجة ارتفاع درجة حرارتها بسبب تدفق الصهارة الماغمية عبر قصبه البركان.

3-6- الآثار السلبية والإيجابية للنشاط البركاني والبراكين:

يؤثر النشاط البركاني والبراكين في البيئة والأرض بأغلفتها كافة، تأثيراً مباشراً بشكل سلبي أو ايجابي، يُمكن عرض بعض جوانبه على النحو الآتي:

3-6-1- الآثار السلبية للنشاط البركاني والبراكين:

ينجم عن النشاط البركاني والبراكين وقوع عدد كبير من الضحايا البشرية، نتيجة الاحتراق أو الاختناق، فقد أودت الثورات البركانية حول العالم بحياة مئات الآلاف من الناس في بضعة قرون خلت، ونعل أفدح الخسائر تلك التي تلحق بالتجمعات السكانية التي تُقيم مباشرة بالقرب من الفوهات البركانية، حيث يؤدي دمار المنازل والدفن تحت المقذوفات البركانية المُلتجة أو الاختناق إلى هلاك وموت الكثيرين.

➤ ينتج عن النشاط البركاني والبراكين ومقذوفاتها الغازية أو السائلة أو الصلبة، إصابة عدد كبير من الحيوانات وهلاكها.

➤ يترافق النشاط البركاني مع هزات أرضية مُتفاوتة الشدة، تُحدث تدميراً مُتبايناً للبنى التحتية والمُنشآت العمرانية، تتباين تبعاً لقوة الانفجار البركاني وشدة الهزات الأرضية.

➤ يُؤثر الرماد والغبار البركاني المُنبعث من الفوهات البركانية النشطة بشكل سلبي في صحة الإنسان مسبباً الإصابة بأنواع شتى من أمراض التحسس وأمراض الجهاز التنفسي العلوي والسعال والربو والتهاب القصبات وآلام الصدر وضيق التنفس وحة الصوت.

➤ تؤدي الغازات والرماد البركاني المُنبعث من الفوهات البركانية إلى تلوث الغلاف الجوي "الغازي"، كما ينجم عنها تُشكل سُحب تراكمية داكنة اللون، تحجب أشعة الشمس عن مساحات كبيرة من اليابسة، وتقود إلى انخفاض درجات الحرارة والدخول في شتاء بركاني قد يستمر لفترات زمنية طويلة، فعلى سبيل المثال تسببت سحابة بركانية هائلة جداً في اختفاء أشعة الشمس وغياب فصل الصيف في عام 1816م عن كامل قارة أوروبا وجزء كبير من القارة الأمريكية الشمالية، وتم إتلاف جميع المحاصيل الزراعية الموسمية، وهذا تسبب في أزمة غذائية واقتصادية.

➤ تؤدي السحب البركانية الهائلة الناتجة عن ثوران البراكين وما يُرافقها من الرماد والغبار البركاني إلى توقف حركة الطيران في الأجواء فترات زمنية مُتفاوتة تبعاً لضخامة هذه السحب وسرعة واتجاه الرياح والهطولات المطرية.

➤ تنفث أغلب البراكين كميات هائلة من بخار الماء والغازات أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكبريت، وكبريت الهيدروجين، وأكاسيد الآزوت، والميثان، والكلور، والفور، وتذوب في ماء المطر مكونةً مياهاً حامضية "الأمطار الحامضية"، التي يكون لها

آثار بيئية سلبية مُباشرة على مياه الأنهار والبحيرات والكائنات الحية كافة (الإنسان والنبات والحيوان)، كما وتؤثر كذلك سلباً على خصائص الترب الزراعية الفيزيائية والكيميائية كتدهور بنائها وانخفاض خصائصها الخصوبية وكفاءتها الإنتاجية كنتيجة مُباشرة لذوبان العديد من العناصر الغذائية في التربة وغسلها بتأثير المياه الحامضية، فتذبل النباتات وتلف المحاصيل الزراعية وتدهور الغابات.

➤ يؤدي هطول الأمطار الحامضية، إلى القضاء على الغابات وتساقط أوراق الأشجار وكذلك تآكل الأبنية، وأسقف المباني والمساكن.

➤ تُسهم الأمطار الحامضية في إذابة نسبة كبيرة من معادن بعض الفلزات الثقيلة السامة من الصخور أو الترب والتي تنتقل بدورها إلى المياه السطحية والجوفية، فتنتجها النباتات أو تشرب منها الحيوانات فتسبب تسممها ثم هلاكها.

➤ يُؤثر غاز ثنائي أكسيد الكربون وغاز أول أكسيد الكربون المنبعثان من الفوهات البركانية بكميات ضخمة بشكل مُباشر في التركيب الكيميائي للغلاف الجوي وفي تغير المناخ كتفعيل حادثة الاحتباس الحراري ورفع درجات الحرارة ضمن غلاف الكرة الأرضية الجوي، وثم العمل على إذابة كم هائل من جليديات "التوضعات الثلجية" القطبين.

➤ تُسهم الغازات المنبعثة من الفوهات البركانية في ترقق طبقة الأوزون، وتسرب الأشعة فوق البنفسجية إلى السطح الخارجي للأرض. وهذا يؤدي إلى التسبب بعدد من الأمراض وسرطانات الجلد.

➤ ينتج عند ثوران براكين المناطق الباردة أو المتجمدة من الكرة الأرضية انصهار وذوبان كميات ضخمة جداً من الجليديات والتوضعات الثلجية، وهذا يسبب في تشكل طفول بركاني طيني مُلتهب، يتحرك وينقل بسرعة كبيرة تصل لـ 100 كم/ساعة، ومثال ذلك ما حدث عندما ثار بركان كوتاباكس في الاكوادور عام 1877م وانتقلت حممه الطينية الحارة مسافة تزيد على المئة كيلو متر ولقي نتيجة ذلك نحو ألف شخص مصرعهم الفوري، كذلك ما حدث عند ثوران بركان غالينغوغ في أندونيسيا عام 1982م، حيث تسببت الحمم الطينية الحارة الناجمة عنه بعدد كبير من الضحايا البشرية إضافة إلى الخسائر المادية الهائلة، كما قد تؤدي إلى انزلاق التشكيلات الصخرية وانجراف بعض الترب الزراعية المُناخمة للمخاريط البركانية.

➤ تُسهم المقذوفات البركانية الصلبة والمُلتهبة المُتساقطة في دمار المنشآت العمرانية والتجمعات السكانية، وفي نشوب الحرائق الهائلة، وهلاك المحاصيل الزراعية، ووقوع عدد غير قليل من الضحايا البشرية، ونفوق الحيوانات، وخير مثال على ذلك ثورة بركان فيزوف في إيطاليا عام 79م، فقد غمرت مقذوفاته البركانية المُتساقطة مدينة بومبي ولقي نحو 3360 شخص حتفه، وكذلك ما حدث عقب ثورة بركان تامبورا- سامباوا في أندونيسيا عام 1815م والذي يُعد من أكبر الثورات البركانية في التاريخ فقد غطت مقذوفاته البركانية المُتساقطة ولا سيما الرماد البركاني مساحات شاسعة مُخلّفة التلف لجميع المحاصيل الزراعية ومقتل نحو تسعين ألف شخص.

➤ يتسبب تدفق وسيلان الصهارة المُهلية للمسيلات المائية ومجري الأنهار في تشكيل سدود مؤقتة، قد تحتجز خلفها كميات كبيرة من المياه، وغالباً ما تتيار تلك السدود مُحدثة فيضانات مدمرة، وقد يحدث الفيضان أحياناً نتيجة تدمير البحيرة الموجودة فوق فوهة البركان.

➤ يُبدل النشاط البركاني تحت البحري الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه، وهذا ينعكس بشكل مباشر وسلمي على أغلب التجمعات الحية النباتية والحيوانية البحرية والقضاء عليها وهلاكها.

3-6-2- الآثار الإيجابية للنشاط البركاني والبراكين:

رغم الدمار الهائل الذي ينتج عن النشاط البركاني، إلا أن للبراكين والنشاط البركاني فوائد مُتعددة تؤثر في البيئة أو المحيط البيئي، نذكر منها على سبيل الذكر لا الحصر:

➤ يؤدي انسياح وتباعد وتحرك الصفائح التكتونية المُحيطة بالنسبة لبعضها في مناطق الأعراف المُحيطة "نطاقات الأخاديد المُحيطة" إلى حدوث نشاط بركاني هائل تندفع نتيجته مسكوبات وطفوح لابة تحت بحرية بازلتية الطبيعة وقاعدية التركيب، تعمل على توسيع القاع المُحيطي وتجدد القشرة الأرضية المُحيطة، يتشكل نتيجتها قشرة مُحيطة جديدة كذلك التي تتشكل حالياً في قاع البحر الأحمر مُعلنة عن ولادة مُحيط جديد.

➤ يُقابل هذا التباعد والانفتاح للصفائح التكتونية في الاتجاه المُعاكس نشوء قوى تقارب تعمل على تصادم الصفائح التكتونية في نطاقات سطوح الانغراس التكتوني، ينشأ عن ذلك تشكل سلاسل جبلية أو جبال وهضاب وتلال مُنعزلة على اليابسة كهضبة الدكن في الهند وهضبة نهر كولومبيا في أمريكا، يُصاحب ذلك بنشاط بركاني يتوزع على الأجزاء الهامشية للصفائح

- النكتونية، أو بجزء منه نشاط بركاني ضمن صفائح قاري أنديزيتي إلى ريوليتي الطبيعة ومتوسط إلى حامضي التركيب، مثال ذلك سلاسل جبال الأنديز في أمريكا اللاتينية.
- يؤدي النشاط البركاني تحت البحري المتتابع إلى بناء مجموعة من الجزر المنعزلة في المحيطات، فعلى سبيل المثال أدى انفجار بركان مونت كيلو عام 1960م إلى توسع مساحة جزيرة هاواي نحو 1.5 كم².
- تؤثر البحيرات البركانية الواسعة التي تكونت نتيجة تجمع مياه الأمطار ضمن فوهات البراكين الخامدة عبر مئات وآلاف السنين في البيئة من خلال تأثيرها المباشر في المناخ السائد في مناطق امتدادها، وتحول تلك المناطق إلى أماكن استجمام وراحة إضافة إلى ذلك يُستفاد منها في تربية الأسماك، نذكر منها على سبيل الذكر كل من بحيرة بركان كيلو موتو في أندونيسيا وبحيرة ترويتيسكو في كامشاتكا وبحيرة أوريغون في أمريكا.
- تُسهم الغازات المنبعثة من الفوهات البركانية ولا سيما غاز ثنائي أكسيد الكربون في استقرار وضبط حرارة الغلاف الجوي للأرض.
- تجلب الطفوح اللابية والحمم البركانية معها من جوف الأرض أنواعاً مختلفة من الحشوات الصخرية الأساسية ذات التركيب "الأثورتوزيتي والنوريتي والغابروئيدي" أو الحشوات الصخرية فوق الأساسية ذات التركيب "الهارتزبورجيتي والليروزوليتي والدونيتي والفيريتي، وتقدم معطيات مهمة عن طبيعة التركيب الكيميائي والصخري للمعطف الأرضي، من أهم الحقول البركانية بالزنتية التركيب التي تترافق بكميات وفيرة من الحشوات الصخرية الأساسية وفوق الأساسية، حقل شامه البركاني الممتد من الأجزاء الجنوبية الغربية لسوريا عبر الأردن وحتى الأجزاء الشمالية الغربية من المملكة العربية السعودية.
- تُعد الحمم اللابية والمسكوبات البركانية مصدراً رئيساً مهماً للعديد من العناصر المعدنية الثمينة والمهمة كالذهب والبلاتين والفضة، كما تُعد أيضاً مصدراً رئيساً للعديد من العناصر المعدنية الضرورية للصناعة كالحديد والنحاس والزنك، ومصدراً لبعض العناصر المشعة المولدة للطاقة كالنيورانيوم والثوريوم.
- يُعد النشاط البركاني والصخور البركانية الناتجة عنها أيضاً، المصدر الرئيس لغالبية أشباه المعادن الكبرى، فمثلاً في مدينة جاوا الأندونيسية حيث يرتفع بركان كاولغين 2500م عن سطح البحر، وفي قمته تتربع بحيرة تتكون مياهها من حمض الكبريت ولعمق 200م، عند

تدفق جزء من هذه المياه من البحيرة تترسب توضعات فلز الكبريت النقي والذي يُستثمر يدوياً من قبل سكان المناطق المجاورة للبركان، ويُقل إلى مراكز التجميع ليُصار إلى نقله إلى مجموعة من المصانع ليتم استعماله في مجالات صناعية شتى.

➤ تُعد الصخور البركانية المصدر الرئيس لأحجار الثمينة الكريمة كالألماس والزمرد والزبرجد والزمرد....الخ.

➤ تُعد التوضعات الصخرية البركانية وكذلك الينابيع الحارة المرتبطة بها، مصدراً مهماً لتوليد الطاقة الحرارية الجوفية المتجددة، وهي الطاقة التي تنتج بالبخار أو المياه الحارة الموجودة داخل الأرض. هذا ولقد عمدت دول عديدة منها نيوزيلندا والولايات المتحدة الأمريكية في العقود الأربعة الأخيرة على الاستفادة من الطاقة الحرارية لإنشاء محطات توليد الطاقة الكهربائية، وكذلك في عدد كبير من التطبيقات العملية مثل تسخين المياه الضرورية لتدفئة التجمعات السكانية والتعليمية والطبية وتدفئة البيوت البلاستيكية وتجفيف المنتجات الزراعية وبسترة الحليب.....الخ.

➤ تُستعمل الصخور البركانية الصلدة "البازلتية - الأنديزيتية" منذ العصر البرونزي أي منذ نحو أربعة آلاف سنة في بناء الأبنية والجسور والقلاع والحصون والمعابد والمسارح ونحت التماثيل، شهدت الاستعمالات الصناعية للصخور البركانية ولا سيما البازلتية حديثاً تطوراً كبيراً تضمنت أغلب المجالات الصناعية والعمرانية حيث تم إخضاع هذه الصخور لمجموعة من الاختبارات والتجارب من أجل تطويعها واستغلال مزاياها المتعددة وتحسين خصائصها بحيث تكتسب بنية متجانسة تحافظ على مواصفاتها الطبيعية كالصلابة والقساوة ومقاومة العوامل الجوية والاهتراء والأوساط الحامضية والقلوية فترات طويلة قد تمتد عدة قرون، كل ذلك جعل من الصخور البركانية مادة طبيعية مهمة تُسهم في العديد من التطبيقات الصناعية والإنشائية الحديثة، ولا سيما أن الصخور البركانية تُعد من الخامات الطبيعية الصديقة للبيئة.

➤ تُستعمل الصخور البركانية ذات النسيج الفراغي كالصخور البازلتية المسامية أو الفقاعية كمواد بناء أولية في المنشآت العمرانية التي تكون بحاجة لدرجات عزل عالية لكل من الحرارة والضوضاء.

➤ يرتبط انبثاق وتفجر العيون الكبريتية والينابيع الحارة بشكل مباشر مع الصخور البركانية والمناطق ذات النشاط البركاني، التي يُمكن الاستفادة منها في بناء منشآت ومراكز استجمام

وعلاج طبي للاستشفاء من بعض الأمراض الجلدية وأمراض الروماتزم، ومن أشهر الأمثلة لتلك المنتجات المتنتزة القومي للينابيع الحارة في كل من أركنساس بالولايات المتحدة الأمريكية، ومنتجات مدن أخن وبادن بادن وفيسبادن في جمهورية ألمانيا الاتحادية، ومنتجات بلو لاغون في شبه جزيرة ريكانيس في أيسلندا، ومنتجات الينابيع الحارة اولو لونغونغ بولاية قدح في ماليزيا.

➤ أيضاً ومن الظواهر المرتبطة بالنشاط البركاني المتأخر تشكل النوافير البركانية الحارة، والتي تتشابه جداً مع الينابيع الحارة من حيث ارتفاع درجة حرارة مياهها واحتوائها على الأملاح المعدنية ولا سيما الأملاح الكلسية "الجيرية" والسليكاتية واغتنائها في بعض المعادن الاقتصادية المهمة كالكبريت والزرنيخ والقصدير والأنتيمون والنحاس والزنك، وتختلف عنها بارتفاع مياهها على شكل نوافير يُراوح ارتفاعها من بضعة أمتار إلى عدة عشرات من الأمتار، وتتبقى مياهها الحارة بصورة مستمرة أو بصورة متقطعة منتظمة، ومن أشهر النوافير البركانية الحارة وأعظمها تلك المنتشرة بمنطقة يلوستون بارك في أمريكا الشمالية ونوافير فنزويلا وجبال الأنديز وبناغونيا في أمريكا الجنوبية وفي جزر الأزور وفي جزيرة أيسلند وفي نيوزيلندا وتركيا والاكودور وغواتيمالا والصين.

➤ ينتج عن تجوية الصخور البركانية النارية ولا سيما الأساسية منها ذات الطبيعة والتركيب البازلتية ترب زراعية ذات خصائص خصوبة عالية وكفاءة إنتاجية مرتفعة، أيضاً نتيجة لتجويتها يتم تركيز خامات المعادن الثقيلة الثمينة والمهمة جداً كمعادن: الذهب، والفضة والبلاتين، والقصدير.

3-7- أشهر الكوارث الناتجة عن البراكين والنشاط البركاني:

قدر العلماء عدد ضحايا البراكين والنشاط البركاني في الـ 400 سنة الأخيرة بنحو 300 ألف نسمة، وبلغ عدد ضحايا البراكين في عقد واحد بين عامي 1980-1990م قرابة 36.000 ضحية، ويمثل هذا العدد مقارنة مع عدد ضحايا الكوارث الطبيعية الأخرى كالزلازل والفيضانات والأعاصير عدداً محدوداً جداً. يتضمن الجدول الآتي (الجدول-3) أشهر النشاطات البركانية "البراكين" النشطة وعدد ضحاياها من البشر.

جدول-3: أشهر النشاطات البركانية "البراكين" النشطة وعدد ضحاياها من البشر.

	اسم البركان	الوفيات	المكان	السنة
1	بركان طوبا	15000	نيوزيلاندة	قبل نحو 74000 سنة
2	بركان ثيرا	؟؟؟	جزيرة إيجية	قبل نحو 3500 سنة
3	بركان فيزوف	16000	بومبي-إيطاليا	79م
4	بركان إتنا	15000	جزيرة صقلية	1169م
5	بركان كيلوت	10000	جزيرة جافا- أندونيسيا	1586م
6	بركان كولوما	؟؟؟	المكسيك	1610، 2001م
7	بركان إتنا	20000	جزيرة صقلية	1669، 2002م
8	بركان جبل فوجي	؟؟؟	اليابان	1708م
9	بركان كوتوباكسي	؟؟؟	الإكوادور	1738م
10	بركان تال	5600	الفلبين	1754م
11	بركان لاكاغيغار	10000	أيسلندا	1783م
12	بركان أنزين	15000	اليابان	1792م
13	بركان مايون	1625	الفلبين	1814، 1897، 1993، 2006، 2009م
14	بركان مواناكيا	؟؟؟	جزر هاواي-أمريكا	1823م
15	بركان بارولي تامبورا	91000	أندونيسيا	1815م
16	بركان كوتوباكسي	1000	إكوادور	1877م
17	بركان كراكاتو	36400	أندونيسيا	1883م
18	بركان لاسوفوربير	1680	سانت فينسنت، غرب الاندوز	1902م
19	بركان مونت بيليه	40000	مارتينيك في الكاريبيك	1902م
20	بركاني نوفاروبتا وكتاماي	؟؟؟	اللاسكا	1912م
21	بركان ساكوروچيما	؟؟؟	اليابان	1914م
22	بركان كيلود	3000	جزيرة جافا- أندونيسيا	1919م
23	بركان سانتا ماريا	؟؟؟	غواتيمالا	1922م

24	بركان أنكا كراكاتوا	؟؟؟	أندونيسيا	1927م
25	بركان باريكوتين	5100	المكسيك	1943، 1934م
26	بركان لامينغتون	3000	بابوا غينيا الجديدة	1951م
27	بركان هيوكيوك	500	الفلبين	1952م
28	بركان كوريياكسكي	؟؟؟	كاشانكا - روسيا	1957م
29	بركان نيفادو ديل روز	24500	كولومبيا	1595، 1845، و 1985م
	بركان مونت كيلو	؟؟؟	جزر هاواي-أمريكا	1962م
30	بركان نغاور	؟؟؟	نيوزيلندا	1974م
31	بركان سانت هيلنز	65	أمريكا	1980م
32	بركان التشتيشون	2100	المكسيك	2000، 1982م
33	بركان مونا لوا	؟؟؟	جزر هاواي-أمريكا	1984، 1750م
34	بركان نيفادو دي روي	25000	كولومبيا	1985م
35	بركان بيناتوبو	7000	الفلبين	1991م
36	بركان باكايا	؟؟؟	غواتيمالا	1998م
37	بركان أولاون	؟؟؟	غينيا الجديدة	1999م
38	بركان افاتشينيكي	؟؟؟	كاشانكا - روسيا	2001م
39	بركان نيبيراغونغو	؟؟؟	الكونغو	2002م
40	بركان آجافيا لاجوكول	874	أيسلندا	2010م
41	بركان غاليراس	؟؟؟	كولومبيا	2010-1535م
42	بركان بوبوكاتيبينل	؟؟؟	المكسيك	2013-1519م
43	بركان سترومبرلي	؟؟؟	إيطاليا	آخر نشاط 2014م

3-8- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من النشاط البركاني والبراكين والحد من خسارتها:

يحدث النشاط البركاني غالباً فجأة أو في وقت قصير جداً، مُخلفاً وراءه ضحايا بشرية وخسائر مادية جسيمة، ودماراً هائلاً واسعاً لكل مناحي الحياة، تحتاج إلى فترات زمنية طويلة جداً لتجاوزها والتغلب عليها، وللحد من ذلك يتوجب اتباع إجراءات الوقاية والسلامة الآتية:

- تحديد جميع فوهات البراكين النشطة، والمناطق المُجاورة لها والمُهددة بالخطر.
- الابتعاد عن مراكز النشاط البركاني، وعدم تشييد التجمعات السكانية والعمرانية بالقرب منها.
- يجب الابتعاد عن الأبخرة والغازات والدخان والرماد المتصاعد من فوهة البراكين، لأنها على الأغلب سامة وخطرة.
- يجب عدم الاقتراب من مجرى ومسيل الحمم البركانية المنصهرة لأنها تقضي على كل ما تصادفه في طريقها.
- يجب عدم استعمال المصاعد الكهربائية في الأبنية البرجية خشية انقطاع الكهرباء، واستعمال سلالم الطوارئ والنجاة.
- يتوجب تجنب اللجوء إلى الأماكن المحصورة والأقبية، التي قد تتراكم بها الغازات السامة.
- يتوجب مساعدة النساء والأطفال وكبار السن والمصابين أو المتضررين، ونقلهم إلى المناطق الآمنة، أو مراكز الإيواء التي يتوافر فيها جميع الخدمات الطبية والاجتماعية.
- يجب إغلاق التيار الكهربائي عن المنشآت العمرانية القريبة من البركان كافةً.
- يجب إغلاق توصيلات الغاز عن المنشآت العمرانية القريبة من البركان كافةً.
- يجب إغلاق شبكات مياه الشرب عن المنشآت العمرانية القريبة من البركان كافةً.
- يجب إغلاق شبكات الصرف الصحي عن المنشآت العمرانية القريبة من البركان كافةً.
- يجب إغلاق شبكات الاتصالات عن المنشآت العمرانية القريبة من البركان كافةً.
- يجب عدم شرب المياه من الآبار الجوفية، إلا بعد التأكد من الجهات المسؤولة من خلوها من أي تراكيز لعناصر مُسّعة أو مواد معدنية أو مركبات عضوية سامة أو غازات خطرة.
- يجب التأكد من سلامة الأبنية والمنشآت العمرانية وجميع خدمات بُنيّتها التحتية قبل الدخول إليها والمكوث فيها.

- يجب التقيد والالتزام المُطلق من قبل الجميع بخطة الطوارئ المُعتمدة من قبل الجهات الوصائية المعنية كمديريات الدفاع المدني، والصليب الأحمر والهلال الأحمر.
- يتوجب على الجميع مُساندة وتقديم العون والمُساعدة لجهات الإخلاء والإنقاذ أو الإسعاف والإطفاء، كوزارة الصحة، والمواصلات، والتموين، ومديرية الدفاع المدني، والهلال الأحمر، والصليب الأحمر، وجميع الجهات المعنية الأخرى.
- يجب تفعيل دور المؤسسات المدنية، والخيرية، والاجتماعية، والنقابية في برامج الإغاثة.
- يجب تفعيل مفهوم العمل الجماعي الهادف المُنظم والمُوحد في أعمال الإغاثة، ونبذ العمل الانفرادي.
- يجب تغليب جانب الأمن والسلامة والنجاة على جانب العجلة والمُجازفة.
- يجب تسخير وسائل الاتصالات والإعلام المكتوبة والمرئية والمسموعة في خدمة وإدارة عمليات التنظيم والإغاثة كافة.
- يجب الاهتمام بالأبحاث والدراسات العلمية والتقنية المُعاصرة ودورها الإيجابي في مواجهة الكوارث الناجمة عن النشاط البركاني والبراكين والحد من أثارها الكارثية.
- يجب الاحتفاظ ببنك وسجل معلوماتي عن جميع أنواع الكوارث المُحتملة عامة وعن النشاط البركاني والبراكين خاصة، ويكون في متناول الجميع ومن السهل الوصول إليه.
- يجب توعية السكان وتدريبهم بشكل دوري على طرائق وآليات التصرف عند حدوث البراكين، كإسعاف المُتضررين وإنقاذهم ونقلهم للمراكز الصحية ومُعالجتهم، أو إطفاء الحرائق.
- يجب على الجهات التنفيذية الحكومية وضع خطط طوارئ، يتم العمل والتقيد بها وتنفيذها للحد من مخاطر النشاط البركاني، تُسهّم وتُشارك به الوزارات والهيئات والمؤسسات والشركات كافة كل فيما يقع تحت مسؤوليته التنفيذية.
- تزويد مناطق النشاط الزلزالي بأجهزة دفاع مدني كافية وقادرة لتتمكن من إيواء من شردتهم البراكين.
- يجب العمل على سرعة وصول المعدات اللازمة للإنقاذ وتسهيل وصول فرق الإنقاذ المُختلفة عبر المنافذ الحدودية والمطارات في هذا الوضع الاستثنائي دون إجراءات روتينية كالجمارك وسمات الدخول وغيرها.

- يجب معالجة السليبيات التي تم رصدها أثناء تنفيذ إجراءات الوقاية والسلامة أو أثناء عمليات الانقاذ أولاً بأول ووضع الحلول العملية لمعالجتها حتى لا تتكرر مستقبلاً.



4- الفصل الرابع

الزلازل والهزات الأرضية



4-1- المقدمة:

تتعرض الكرة الأرضية سنوياً إلى نحو مليون زلزال وهزة أرضية لا يشعر الناس بعضها إما لضعفها أو لحدوثها في مناطق غير مأهولة بالسكان، كذلك التي تحدث في المناطق الصحراوية أو في البحار أو المحيطات.

تُعد الزلازل من أكبر الكوارث الطبيعية تأثيراً في الإنسان وممتلكاته لوقوعها السريع والمفاجئ والرعبة التي تتركها لديه، بالإضافة إلى ضحاياها البشرية وأضرارها المادية الهائلة والتي تحدثها في ثوانٍ أو في دقائق قليلة معدودة، ولا سيما في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية.

يُعرف الزلزال في أبسط تعريف له "على أنه اهتزاز للأرض ناجم عن التحرر المفاجئ للطاقة الكامنة"، فالزلازل الطبيعية تنشأ نتيجة الاهتزازات السريعة والمفاجئة لسطح الأرض، وبشكل رئيس نتيجة للنشاط التكتوني ممثلاً بتحرير الطاقة الناتجة عن تصادم واحتكاك الطبقات الصخرية أو نتيجة انزلاقها على سطوح الفوالق والصدوع، أو نتيجة النشاط البركاني وصعود الصهارة السليكاتية "المُهَل" من باطن الأرض عبر صدوع وشقوق صخور القشرة الأرضية، وكذلك نتيجة انهيار التوضعات الصخرية في الكهوف الكبيرة تحت السطحية، كما تنشأ الزلازل نتيجة تساقط واصطدام الأجرام السماوية كالنيازك كبيرة الحجم على السطح الخارجي للأرض.

وقد تنشأ الزلازل الاصطناعية نتيجة الهزات الأرضية الناجمة عن الأعمال المنجمية أو عمليات إنشاء ورصف الطرق ودكها وما يُرافقها من تفجيرات أو حفر الآبار، أو نتيجة الاختبارات لتفجير القنابل النووية ذات الأهداف الحربية التي يكون لها خصائص مشابهة لخصائص الهزات الأرضية الطبيعية.

4-2- بؤرة الزلزال ومركزه السطحي:

يُطلق على الموقع الموجود في باطن الأرض الذي يُعد المركز الذي تبدأ عنده تحرر الطاقة الكامنة للصخر على شكل موجات اهتزازية أولية وثانوية وسطحية "هزات أرضية" ببؤرة الزلزال Hypocenter، بينما يُطلق على النقطة المُقابلة له مباشرة الواقعة على السطح الخارجي للأرض بالمركز السطحي للزلزال أو مركز الزلزال السطحي Epicenter (شكل-26). قد تقع بؤرة الزلزال تحت قاع البحر، فتؤدي عندها لتشكيل ما يُعرف بالهزات الأرضية أو الزلازل البحرية، التي تتسبب بحدوث أمواج عالية عاتية تصل سرعة تحركها لنحو 800 كم/سا ويراوح ارتفاعها بين 2.5-40م، تم تسميتها بالتسونامي. تكون قوة الهزات الأرضية أعلى ما يُمكن في منطقة بؤرة الزلزال التي تتباين أعماقها، وتنتشر في جميع الاتجاهات كما وتضعف قوتها في جميع الاتجاهات أيضاً وكلما ابتعدنا عن موقع بؤرة الزلزال، لذلك أمكن تحديد مناطق دائرية كمنطقات تتساوى فيها شدة الهزات الأرضية، يُطلق عليها اسم مُنحنيات تساوي شدة الهزات الأرضية Isosiesmol lines.

شكل-26: رسم توضيحي يُظهر موقع بؤرة الهزة الأرضية ومركز السطح الزلزالي.

ويُمكن تحديد المسافة الفاصلة بين المركز السطحي للزلزال ومحطة "مركز" الرصد الزلزالي من تسجيل زمن وصول الموجات الزلزالية الأولية والثانوية، وُثم حساب الفاصل "الفرق" الزمني بينهما، فكلما كان فرق الزمن بين زمن وصول الموجات الاهتزازية الطولية وزمن وصول الموجات الاهتزازية الثانوية، كانت المسافة الفاصلة بين المركز السطحي للزلزال ومحطة "مركز" الرصد الزلزالي أكبر والعكس صحيح (شكل-27).



شكل-27: آلية تحديد المسافة الفاصلة بين مركز السطحي للزلزال ومحطة الرصد الزلزالي.

4-3- تحديد المركز السطحي للزلازل:

استطاع علماء الزلازل تحديد مركز السطح الزلزالي بدقة، وذلك من خلال معالجة بيانات السجلات الزلزالية لثلاث محطات رصد زلزالي مختلفة المواقع وذات توزيع هندسي يسمح لها بالنقاط الهزات الزلزالية في جميع الاتجاهات، ومن ثم رسم ثلاث دوائر يُساوي نصف قطر كل منها المسافة الفاصلة بين مركز الزلزال ومحطة الرصد الزلزالي، وتمثل نقطة تقاطع الدوائر الثلاث تمثل المركز الفعلي للزلزال (شكل-28).



شكل-28: آلية تحديد مركز السطح الزلزالي.

4-4- أسباب حدوث الزلازل والهزات الأرضية:

قدمت نظرية الارتداد المرن للعالم رايد عام 1906م، تفسيراً مقبولاً لأسباب حدوث الزلازل والهزات الأرضية، وتفترض هذه النظرية أن صخور القشرة الأرضية عندما تتعرض لفترات زمنية طويلة إلى إجهادات وضغوط كبيرة ينتج عنها قوى هائلة تتزايد مع الزمن، ويقاوم الصخر هذه الإجهادات عن طريق تخزين الضغوط الواقعة عليه على شكل طاقة كامنة، لكن عند زيادة الإجهادات بحيث تتخطى حدود مرونة الصخر يتهشم ويتحطم مُحرراً الطاقة الكامنة المُحتبسة داخله على هيئة

طاقة حرارية أو على هيئة أمواج ارتدادية زلازل وهزات أرضية، مُعبراً عن مُحاولَة التشكيلات الصخرية العودة إلى وضع الاتزان الطبيعي.

أيضاً طرحت نظرية تكتونيك الصفائح للعالم فيغنز عام 1962م توضيحاً دقيقاً لألية وأسباب حدوث الزلازل والهزات الأرضية، وتفترض هذه النظرية أن الغلاف الصخري الصلب للأرض يتألف من مجموعة من الصفائح الصخرية القارية أو المحيطية، تتباين في سماكتها وطبيعتها صخورها وكثافتها، وتتحرك بالنسبة إلى بعضها البعض وبسرعات مُتفاوتة فوق الجزء المُنصير جزئياً من المعطف العلوي "الاستينوسفير"، وهذا يؤدي إلى نشوء الحركات التكتونية على امتداد الحدود الفاصلة بين الصفائح المُتقاربة أو المُتباعدة عن بعضها أو المُزاحة والمُنزقة إحداها بموازاة الأخرى مُسببة اضطرابات في باطن الأرض تتعكس على القشرة الأرضية على هيئة كسور وفوالق وصدوع واندفاعات بركانية وزلازل وهزات أرضية.

لقد حددت نظرية تكتونيك الصفائح العلاقة بين الحدود الفاصلة بين الصفائح تبعاً لاتجاه حركة الصدع إلى ثلاثة أقسام رئيسة هي:

- **مناطق تباعد وانفتاح الصفائح:** وتنتشأ نتيجة قوى شد ناجمة عن تحرك صفيحتين تكتونيتين باتجاهين مُتعاكسين، وكمثال على ذلك تباعد الصفيحة العربية عن الصفيحة الأفريقية وما نتج عن ذلك من نشأة أخدود البحر الأحمر. وكذلك سلاسل جبال وسط المُحيط الأطلسي. وتتميز هذه المناطق عادةً بانتشار الفوالق والصدوع العادية. وحدثت الزلازل السطحية والضحلة والتي لا يزيد عمقها على 70 كم، وذات الشدات المُعتدلة نسبياً.

- **مناطق تقارب وتصادم الصفائح:** وتنتشأ نتيجة قوى ضغط ناجمة عن تحرك صفيحتين تكتونيتين باتجاهين مُقابلين، وهنا يتوجب التمييز بين:

- **تقارب وتصادم بين صفيحتين قاريّتين:** تتميز هذه المناطق بانتشار الفوالق والصدوع العكسية، ويؤدي تصادمهما إلى نشأة سلاسل جبلية ضخمة كجبال الهيمالايا في الهند، وجبال زاغروس في إيران، وحدثت الزلازل والهزات الأرضية على أعماق مُتوسطة العمق تراوح بين 70-300 كم.

➤ **تقارب وتصادم بين صفيحتين إحداهما قارية والأخرى محيطية:** أيضاً تتميز هذه المناطق بانتشار الفوالق والصدوع العكسية. وفي هذا النموذج تتباين الكثافة بين الصفيحتين، وتكون كثافة الصفيحة المحيطية أعلى من كثافة الصفيحة القارية، وعند تقارب الصفيحتين وتأثرهما بقوى ضغط متقابلة، تنغرس الصفيحة المحيطية الأعلى كثافة أسفل الصفيحة القارية الأدنى كثافة، على سطح انغراس صفائح أطلق عليه اسم سطح بنيوف الانغراسي، وتتكون سلاسل جبلية شاهقة على امتداد الأجزاء الهامشية من سطح الانغراس كجبال الأنديز في أمريكا الجنوبية والجزر الألويسية الممتدة حول منطقة آلاسكا، وتتميز زلازل هذه المنطقة بأنها من النوع العميق حيث يُراوح عمقها بين 300-800 كم.

وبشكل عام تشهد مناطق تقارب وتصادم الصفائح عادةً أعنف أنواع الزلازل (قد تتعدى ثمانية الدرجات على مقياس ريختر)، كما أن فترة تكرارها تكون متقاربة وتُراوح بين بضع سنوات إلى بضع عشرات من السنوات.

- **مناطق انزلاق الصفائح:** تنشأ مناطق انزلاق الصفائح نتيجة الصدوع والفوالق الانتقالية، والتي تؤدي إلى انزلاق وانزياح الصفيحتين المتماستين على جانبي الصدع والفالق محدثةً تكسيراً وتشوهاً كبيراً للتشكيلات الصخرية، وقد ينتج عنها نشاط بركاني وتدفق للصحارة المهلية وكذلك زلازل وهزات أرضية. وتحدث الزلازل في هذه المنطقة عادةً على أعماق ضحلة لا تتجاوز الـ 70 كم، ومن أمثلة هذه المناطق خليج العقبة، وصدوع سانت اندرياس في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وتتميز هذه المناطق بحدوث الزلازل بأوقات متباعدة تُراوح بين بضع عشرات إلى بضع مئات أو آلاف السنين، كما أن شدتها لا تزيد على سبع الدرجات على مقياس ريختر بناءً على ما سبق تم تصنيف الهزات الأرضية والزلازل المرتبطة بالنشاط التكتوني تبعاً لعمقها لأنواع الرئيسة الآتية:

➤ **الهزات الأرضية والزلازل السطحية** ضحلة العمق وتنشأ من أعماق أقل من 70 كم.

➤ **الهزات الأرضية والزلازل متوسطة العمق** وتنشأ من أعماق تُراوح بين 70-300 كم.

➤ **الهزات الأرضية والزلازل العميقة** وتنشأ من أعماق تُراوح بين 300-800 كم.

4-5- أحزمة النشاط الزلزالي:

لقد أثبتت نتائج تتبع وتحديد مواقع حدوث الهزات الأرضية والزلازل، ارتباطها الوثيق مع حركة الصفائح التكتونية، لذا فإن أكثر المناطق المعرضة للهزات الأرضية والزلازل في العالم هي المناطق المحاذية لحدود الصفائح التكتونية (شكل-29)، وعليه تم تحديد مجموعة من أحزمة النشاط الزلزالي هي:

- **أحزمة المحيط الهادي:** ويُطلق عليها أيضاً أحزمة حلقة النار، وتمتد حول المحيط الهادي من الشواطئ الغربية لأمريكا الشمالية الجنوبية فاليابان والفلبين حتى أستراليا ونيوزيلندا. وتحدث عليها نحو 68% زلازل العالم، وتُعد زلازل حلقة النار أقوى أنواع الزلازل وتترافق غالباً مع نشاط بركاني.
- **أحزمة جبال الألب:** وتتماشى مع السلاسل الجبلية الشاهقة من الشرق نحو الغرب، مُمتدة من الصين شرقاً مروراً بجبال الهماليا ثم تنحرف إلى الشمال الغربي مارّةً بجبال زاغروس ثم الفوقاز فتركيا وشمال إيطاليا، وتضم نحو 21% من زلازل العالم.
- **أحزمة زلزالية طولية:** ويُطلق عليها أيضاً أحزمة الأعراف المحيطية، وتمتد في خطوط شبه مُستقيمة وسط المحيط الأطلسي.
- **أحزمة الأخاديد القارية:** ومن أمثلتها حزام الصدع الأفريقي الغربي، والتي تقطع الهوامش الشرقية للصفائح الأفريقية من جنوبها إلى شمالها إلى أن تتقاطع مع جبال طوروس.

شكل-29: خارطة توزيع الزلازل في العالم.

4-6- أنواع الموجات الزلزالية:

يتولد عند حدوث هزة أرضية "زلازل" في نقطة ما من الأرض يُطلق عليها مركز أو بؤرة الزلزال، نوعان من خمسة أنواع من الموجات الزلزالية المرنة (شكل-29)، تنتشر في جميع الاتجاهات مُبتعدة عن هذه النقطة، وهي:

- الموجات الزلزالية الداخلية أو العميقة: وتُقسم إلى نوعين من الموجات هما:
 - الموجات الأولية أو الموجات الطولية: وتُسمى أيضاً بالموجات الأولية (P) أو الموجات التضاغية (شكل-30)، وتنتقل هذه الموجات خلال جميع الأوساط المادية الصلبة والسائلة والغازية (شكل-32) في صورة تضاضغات متوالية، وهذا يؤدي إلى اهتزاز وتحرك التوضعات الصخرية بصورة مُماثلة ومُتوافقة مع جهة انتشار الموجات، وتتميز بأنها ذات سرعة عالية تُراوح بين 6.0-8.6 كم/ثا في الصخور، لذلك فإنها تكون أول الموجات الزلزالية وصولاً إلى أجهزة رصد الزلازل قبل غيرها من الموجات الأخرى (شكل-31).

- **الموجات الثانوية أو الموجات العرضية:** وتُسمى أيضاً بموجات القص أو الإزاحة (S)، تنتشر هذه الموجات خلال الأجسام الصلبة فقط (شكل-32ب)، مُؤدية إلى اهتزاز وحركة الصخور بصورة مُعامدة على اتجاه حركتها وانتشارها مُشابهة بذلك انتقال الموجات الكهرومغناطيسية (شكل-30)، وتكون سرعة انتقالها أقل من سرعة الموجات الأولية (شكل-30)، لذا تصل إلى أجهزة الرصد بعد الموجات الأولية ولذلك تم تسميتها بالموجات الثانوية، وترتبط سرعتها V_s بسرعة الموجة الأولية V_p بشكل عام بالعلاقة التقريبية $V_p = 1.73 V_s$. مع العلم أن سرعة الموجات الأولية والثانوية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بكثافة الصخور وخواصها، هذا وتُقدم نتائج تحليل وتفسير الموجات الداخلية (الأولية والثانوية) صورة واضحة عن التركيب الداخلي للأرض، كما يُمكن بواسطتها تحديد مركز الزلزال وبؤرته.
- **الموجات الزلزالية السطحية:** هي أطول الموجات الاهتزازية الزلزالية وأقلها سرعة (L) (شكل-30)، لذلك هي آخر ما يتم تسجيله في محطات الرصد الزلزالي على أجهزة الرصد (شكل-31)، تنتقل الموجات الزلزالية السطحية على سطح الأرض دون أن تمر إلى جوفها، وتُعد أكثر الموجات الزلزالية تدميراً، وتؤدي إلى تصدع المنشآت العمرانية والمباني، وانهيار الجسور المُعلقة، وتشقق الطرقات وانخفاضها وهبوطها. وتُقسم الموجات السطحية إلى نوعين هما:
 - **موجات لوف:** وتم تسميتها نسبةً إلى مُكتشفها العالم لوف (شكل-30)، وينتج عنها ذبذبات الموجة الثانوية ولكن في الاتجاه الأفقي فقط، وهي تؤثر بصورة خاصة في أساسات المنشآت العمرانية.
 - **موجات رالي:** وتمت تسميتها أيضاً نسبةً إلى مُكتشفها العالم رالي (شكل-30)، وهي تشبه أمواج البحر الدائرية في تحريكها الماء، وتعمل هذه الموجة على تحريك الأشياء في المستويين الأفقي والرأسي وفي اتجاه عمودي على اتجاه الموجة.

الموجات الزلزالية

الموجات الزلزالية

الموجات الزلزالية

الموجات الزلزالية

شكل-30: طرائق انتقال الأنواع المختلفة للموجات الزلزالية.

شكل-31: سجل إحدى محطات الرصد الزلزالي الورقية، تُظهر من اليسار باتجاه اليمين رصد كل من الموجات الأولية (P) تليها الموجات الثانوية (S) وأخيراً الموجات السطحية (L).



شكل-32: الموجات الأولية تخترق كافة أغلفة الأرض، بينما تخترق الموجات الثانوية أغلفة الأرض الصلبة فقط.

4-7- حجم الزلزال ومدى خطورته:

يمكن تحديد حجم الزلزال ومدى خطورته بمعرفة عاملين هما شدة الزلزال Intensity Earthquake وقوة أو قدر الزلزال Magnitude Earthquake:

- **شدة الزلزال:** وتُعبّر عن كمية ومدى الدمار الذي يُخلفه الزلزال، وتُقاس الشدة بمقاييس وصفية تعكس درجة إحساس الناس بالهزات الأرضية، علماً أن درجات الدمار تتباين تبعاً لمجموعة من العوامل منها قوة الزلزال ونوع الصخور ونمط الإنشاء العمراني والمسافة الفاصلة عن المركز السطحي للزلزال.

يُعدّ المقياس الوصفي للباحث ميركالي Mercalli عام 1931م من أكثر المقاييس الوصفية المُستعملة في تحديد شدة الزلزال، ويتألف مقياسه الوصفي من 12 درجة تتباين فيها شدة الزلزال، وتنخفض كلما تم الابتعاد عن المناطق الواقعة فوق بؤرة الزلزال، كما حدد الباحث خطوط مناسبة تمثل خطوط تساوي الشدة الزلزالية لكل منطقة. هذا ويبدأ الإحساس الفعلي للإنسان بالهزات الأرضية والزلزلة على مقياس ميركالي في الدرجة الثالثة، وفي الدرجة السابعة يفقد قدرته في المحافظة على توازنه، بينما يبدأ الدمار الفعلي للمُنشآت العمرانية المختلفة وينسب متفاوتة في

الدرجتين الثامنة والتاسعة، بينما تتميز الدرجتان الحادية عشرة والثانية عشرة بحالة الدمار التام للمنشآت في موقع مُحدد.

- **قوة أو قدر الزلزال:** وهو عبارة عن مقياس كمي طوره العالم ريختر "Richter" ويعتمد على تحديد سعة الموجات الزلزالية التي تُحدد بالراصد الزلزالي (السيزمومتر أو السيسموغراف) في محطات الرصد الزلزالي، هذا ونظراً إلى التباين الكبير في سعة الموجات الزلزالية فقد تم استعمال المقياس اللوغاريتمي للموجة، وعليه يُعرف القدر الزلزالي للموجة بأنه عبارة عن الرقم اللوغاريتمي العشري المُحدد من معرفة سعة أكبر حركة أرضية أمكن تحديدها ورصدها بوساطة جهاز الرصد الزلزالي على بعد 100 كم من مركز "بؤرة" الزلزال. أي أنه عند تزايد قوة أو قدر الزلزال درجة واحدة على مقياس ريختر تتضاعف حركة الأرض عشر مرات، لذلك فإن مقياس ريختر يصف مقدار الطاقة التي يُحررها الزلزال، ويتألف مقياس ريختر من عشر درجات، وتزيد كل درجة عن الدرجة التي تليها عنها عشر مرات، كما أن الزيادة في درجة واحدة على مقياس ريختر تعني مضاعفة طاقة الزلزال نحو 32 ضعفاً، فعلى سبيل المثال إذا تم تسجيل زلزال على مقياس ريختر درجته 5.5 فإن سعته تزيد عشرة أضعاف عن زلزال آخر مُسجل على مقياس ريختر 4.5 ويُحرر طاقة أكبر بنحو 32 ضعفاً من الطاقة المُتحررة من زلزال درجته 4.4.

لقد أشار علماء الزلازل للارتباط العكسي بين قوة أو قدر الهزات الأرضية والزلازل مع عددها السنوي المُسجل والمُحدد في المراصد الزلزالية كافة وفي أنحاء المعمورة جميعها، فالزلازل ذات القوة والقدر الزلزالي المرتفع يكون عددها قليلاً في السنة، بينما الزلازل ذات القوة والقدر المُخفض تحدث يومياً، كما أن هناك علاقة ارتباط إيجابية بين القدر الزلزالي والشدة الزلزالية، فكلما زادت الشدة الزلزالية في منطقة ما فإن هذا يعني أن القدر الزلزالي سيكون مرتفعاً (جدول-4).

جدول-4: حجم الزلزال، وأثاره التدميرية، واحتمالية حدوثه سنوياً.

قوة الزلزال تصنيف ريختر	شدة الزلزال تصنيف ميركالي	أثار الزلزال التدميرية	القوة التدميرية (طن ت ن ت)	الطاقة المتحررة بالجول	احتمالية حدوثه سنوياً
1.9-0	I	يتم رصدها فقط في أجهزة السيسموغراف	0.7-0.001	$10^{4.4000}$	عدد مائل
2.9-2	II	يتم ملاحظتها من عدد قليل جداً من الناس	22-1	$10^{4.90}$	300000
3.9-3	III	يتم ملاحظتها من بعض الناس ولا سيما المقيمين في الأبنية العليا	700-30	$10^{1.3}$	49000
4.9-4	IV-V	يتم ملاحظتها من أغلب الناس، تتحطم بعض أطباق الطعام والشكوكس وتهتز ثريات الأسقف والمعلقات	$10^{(22-1)}$	$10^{4.90}$	6200
5.9-5	VI	يتم ملاحظتها من جميع الناس. تقرر أجراس الكنائس، وتسقط أغلب المعلقات الحائطية. تنحرك قطع الأثاث المنزلي. وتتزلزل بعض الكتل الصخرية على المنحدرات، وتظهر على الجدران الاسمنتية بعض الشقوق الناعمة، بينما تنصدع الجدران الضعيفة ويهرع الناس في ترك منازلهم	$10^{(700-30)}$	$10^{1.3}$	800
6.9-6	VII-IX	جميع الناس في حالة ذعر ومنع وخوف، تنهار بعض الجدران وتتقلب قطع الأثاث وتنهار المداخل وتظهر أمواج عاتية في المناطق النشاطية.	$10^{(22-1)}$	$10^{4.90}$	120
7.9-7	X-XI	انهيار جميع الأبنية والمباني العمرانية	$10^{(700-30)}$	$10^{1.3}$	18
8.9-8	XII	دمار كبير وشبه شامل، وانهيار للمباني والتضاء السكك الحديدية، وحدث انهيار في شبكات المياه والصرف الصحي	$10^{(22-1)}$	$10^{4.90}$	مرة واحدة كل عدة سنوات
9.9-9	---	دمار شامل	$10^{(22-1)}$	$10^{4.4000}$	مرة واحدة كل عشرين سنة

4-8- إمكانية التنبؤ في حدوث الزلازل:

لقد عانت البشرية من كوارث الزلازل التي ذهب ضحيتها عبر التاريخ البشري ملايين البشر، إضافة إلى الخسائر المادية الهائلة والفادحة التي تسببت بها، لذلك حاول الإنسان منذ فجر الحضارة انتقاء أخطار الزلازل عن طريق التنبؤ بمواقعها وأوقات حدوثها، إلا أنه ولغاية هذا التاريخ لم يُوفق في ذلك إلا في حالات معدودة منها على سبيل المثال توقع علماء الزلازل في الصين عام 1975م حدوث الزلازل قبل حدوثه بنحو 24 ساعة وهذا أتاح تجنب مخاطره والحد منها، إلا أن زلزالاً مدمراً حدث في المنطقة ذاتها عام 1976م لم يتم توقعه وذهب ضحيته قرابة 650 ألف شخص، لذلك تُعد عملية توقع أو التنبؤ في حدوث الهزات الأرضية والزلازل أمراً شائكاً وفي غاية الصعوبة. ويتمثل التوقع الكامل لحدوث الزلازل في تحديد ثلاثة عناصر أساسية له هي: "موقع، وقوة، وزمان" الزلزال، أما بالنسبة لمكان الزلزال وقوته فقد تمكن العلماء وبدقة مقبولة من تحديد أكثر الأماكن تعرضاً للهزات الأرضية والزلازل على وجه التقريب، وتم الاستفادة من هذه المعلومات في اختيار أنسب الأماكن لإقامة المشروعات العمرانية والصناعية بعيداً عن أماكن الخطر الزلزالي، أما بالنسبة لزمن الهزات الأرضية والزلازل وهو أهم العناصر، فيمكن تقسيم محاولات التنبؤ به على مستويين هما:

التنبؤ بالهزات الأرضية والزلازل على المدى البعيد: ويعتمد هذا النوع من المحاولات دراسة السجلات الجيولوجية التاريخية وتحديد جميع مواقع وأماكن وتواريخ الهزات الأرضية والزلازل التي حدثت في الماضي وتحديد الفترات الزمنية المتعاقبة والفاصلة بينها، ثم التنبؤ بمواقع وفترات مُماثلة ومُتوقعة لحدوث هزات وزلازل أرضية.

التنبؤ بالهزات الأرضية والزلازل على المدى القريب: وتتضمن محاولات التنبؤ بالزلازل على المدى القصير، ومراقبة بعض الظواهر المختلفة التي قد تُشير على قرب وقوع الزلزال التي تحدث في مناطق الفوالق والصدوع ويتكرر حدوث الهزات الأرضية والزلازل فيها، وتُعد مثل هذه الأحداث بشكل عام مؤشراً على حدوثها، إلا أنها لا تُشكل قاعدة ثابتة وأكيدة يُعتمد عليها في تحديد وقت حدوثها، فقد تحدث بعد يوم أو شهر أو أكثر وقد لا تحدث على الإطلاق على الرغم من مشاهدة

أغلب أو جميع الظواهر والمؤشرات، ومن أهم الظواهر التي يعقبها حدوث الهزات الأرضية والزلازل عادة نذكر :

1. ظهور ضوء أصفر إلى أخضر باهت فوق أعالي الجبال والأبنية الشاهقة يشبه لمعانه البرق.
2. صدور أصوات زمجرة أو صغير مصدرها باطن الأرض.
3. اختلاف مستوى المياه الجوفية في الآبار قبل حدوث الزلازل.
4. نضوب مياه بعض الينابيع أو ظهور ينابيع جديدة.
5. تغيير لمسار بعض المسيلات والجداول والأنهار المائية.
6. تغيرات في سرعة الموجات الزلزالية، وازدياد نشاط الهزات الأولية قبل حدوث الزلزال.
7. تغيرات الحقل المغناطيسي الأرضي واضطراب أو انحراف لاتجاه إبرة أو مؤشر البوصلة.
8. تشكل انخفاضات أرضية وحدث انزلاق للكتل الصخرية أو انزلاقات طينية.
9. حدوث عمليات رفع للصخور أو تغير في زوايا ميلها، أو حدوث تشوهات وتصدعات وتشققات لسطح الأرض الخارجي في المناطق القريبة من بؤرة الزلزال.
10. حدوث عدة هزات أرضية تمهيدية تسبق الزلازل القوية المدمرة، فعلى سبيل المثال في الصين وفي عام 1975م حدثت مجموعة من الهزات الأرضية غير القوية والتمهيدية قادت للتنبؤ بحدوث زلزال قوي، وتم إخلاء مدينة هيشنغ، وبالفعل حدث زلزال بقوة 7.3 على مقياس ريختر وكانت الخسائر البشرية طفيفة، لكن الزلزال دمر أكثر من نصف المدينة.
11. انطلاق غاز الرادون من الآبار وعلى امتداد الشقوق والصدوع الأرضية.
12. تغيرات في درجة التوصيل الكهربائي للصخور، فعند زيادة الإجهاد على الصخور يُمكن أن يتسرب ويتغلغل الماء الجوفي خلال مساماتها وشقوقها، ويؤدي إلى رفع موصليتها الكهربائية.
13. السلوك الغريب لبعض الحيوانات مثل خروج الفئران والثعابين من الجحور مذعورة، وقفز الأسماك فوق سطح الماء، ورفع الأرانب آذانها، ومداومة الحمام على الطيران وعدم العودة إلى أبراجه، وخروج الماشية والخيول من حظائرها.
14. حدوث أمواج عالية عندما يكون موقع بؤرة الزلزال أسفل قيعان البحار.

4-9- الكوارث الطبيعية المرتبطة بالزلازل والهزات الأرضية:

تُعد الزلازل واحدة من أكثر الكوارث الطبيعية فتكاً وتدميراً، فبالإضافة إلى الخسائر البشرية هناك خسائر مادية تقدر بملايين بل أحياناً بمليارات الدولارات، تتمثل في تدمير البنية التحتية والتأثير المباشر وغير المباشر على اقتصاد وثروات الدول، وذلك كله يتم خلال فترة قصيرة جداً وقياسية. تُقسم الكوارث المرتبطة بالهزات الأرضية والزلازل إلى ثلاثة أنواع هي: الخسائر المباشرة الأولية، والخسائر الثانوية، وأخيراً الخسائر الثانوية غير المباشرة.

➤ **خسائر التدمير الزلزالي المباشرة:** وتتمثل في عدد الضحايا من قتلى وجرحى والتأثيرات النفسية الناتجة عنها، فعلى سبيل المثال في القرن الماضي تراوح عدد القتلى نتيجة الهزات الأرضية والزلازل بين 1.6-2.2 مليون شخص، بينما تراوح عدد الجرحى بين 2-10 أضعاف عدد القتلى المذكور. بالإضافة إلى الخسائر المادية الفادحة والناتجة عن تدمير وانهار المنشآت العمرانية وتحطم البنى التحتية من شبكات الصرف الصحي أو شبكات تمديد قنوات مياه الشرب وخطوط نقل الغاز والهاتف والكهرباء وشبكات الاتصال.

➤ **خسائر التدمير الزلزالي الثانوية:** وتتجسد في الحرائق والفيضانات والانهييارات الأرضية وانزلاق الترب الزراعية واندثار الغطاء النباتي التي تحدث بعد الحدث الزلزالي، كذلك طغيان مياه البحر (تسونامي) الذي يضرب الشواطئ والتلوث بالمواد الكيميائية أو الإشعاعية.

➤ **خسائر التدمير الزلزالي الثانوية غير المباشرة:** وتتجسد فيما تُخلفه الهزات الأرضية والزلازل على اقتصاد الدول ومصادر دخلها وكذلك على حياة الناس وظروف معيشتهم، وكذلك على أنظمة الدول وأجهزتها المختلفة.

4-10- أشهر الزلازل التي شهدها العالم:

لا تُعد الهزات الأرضية والزلازل ذات القوة التدميرية، والتي تُخلف وراءها مجموعة من المظاهر الكارثية نادرة الحدوث، فقد تكرر رصدها بدايةً رجال الدين والمفكرين والفلاسفة، ثم مع التطور المعرفي تم البدء في رصدها وتسجيلها وتحديد شدتها وقوتها في محطات الرصد الزلزالي، في

الجدول الآتي تم إدراج أشهر الهزات الأرضية والزلازل الكارثية والمدمرة التي شهدتها العالم وعانت منها البشرية وأغلبها لم يسبق توقعها (الجدول-5):

جدول-5: أشهر الزلازل المدمرة التي شهدتها العالم، وعدد ضحاياها.

التسلسل	العام	الدولة	القدر الزلزالي	عدد الضحايا
1	76م	الصين	؟؟؟	650000
2	526م	أنطاكيا - تركيا	؟؟؟	250000
3	533م	حلب - سورية	؟؟؟	130000
4	856م	دمغان - إيران	؟؟؟	200000
5	1007م	بغداد - العراق	؟؟؟	100000
6	1139م	أذربيجان	7.7	230000
7	1202م	نابلس - فلسطين	؟؟؟	100000
8	1290م	الصين	؟؟؟	100000
9	1556م	شانكسي - الصين	نحو 8.0	830000
10	1662م	الصين واليابان	؟؟؟	300000
11	1693م	سبيلينا	؟؟؟	60000
12	1703م	طوكيو - اليابان	8.2	110000
13	1737م	كلكتا - الهند	؟؟؟	300000
14	1755م	لشبونة - البرتغال	؟؟؟	95000
15	1780م	تبريز - إيران	؟؟؟	200000
16	1845م	اليونان	؟؟؟	؟؟؟
17	1906م	أمريكا - سان فرانسيسكو	8.25	700
18	1906م	الأكوادور	8.8	1000
19	1908م	ميسينا - إيطاليا	7.5	75000
20	1908م	أفيزانو - إيطاليا	؟؟؟	29790
21	1920م	هونا - الصين	8.6	200000

143000	8.2	كانتو - اليابان	1923م	22
70000	7.6	الصين	1932م	23
60000	7.5	الهند	1935م	24
؟؟؟	8.5	إندونيسيا	1938م	
30000	7.7	الصين	1939م	25
23000	8.0	تركيا	1939م	26
39000	؟؟؟	تشيلي	1939م	27
50000	؟؟؟	إسبانيا	1948م	28
20000	7.3	تركمنستان - الاتحاد السوفييتي "سابقاً"	1948م	29
؟؟؟	8.6	التبت - الهند	1950م	30
؟؟؟	9.0	كاشاتكا	1952م	31
1600	8.0	الجزائر	1954م	32
؟؟؟	8.8	أندريانوف - ألاسكا	1957م	33
14000	5.9	أغادير - المغرب	1960م	34
3500	؟؟؟	إيران	1960م	35
5700	9.5	فالديفيا - تشيلي	1960م	36
؟؟؟	8.5	كوريلن	1963م	37
1100	؟؟؟	يوغوسلافيا	1963م	38
139	9.2	ألاسكا	1964م	39
؟؟؟	8.7	جزيرة رات - ألاسكا	1965م	40
11600	7.4	إيران	1968م	41
70000	7.8	شيمبوتي - البيرو	1970م	42
65000	6.5	أمريكا - كاليفورنيا	1971م	43
5000	6.2	نيكاراغوا	1972م	44
22000	7.5	غواتيمالا	1976م	45

830000	7.6	تاتغاشان - الصين	1976م	46
1500	7.2	بوخارست - رومانيا	1977م	47
20000	7.4	إيران	1978م	48
3100	7.5	أصنام - الجزائر	1980م	49
3000	6.9	كامبانو - إيطاليا	1980م	50
2800	5.9	اليمن	1982م	51
2700	6.9	تركيا	1983م	52
5000	7.9	المكسيك	1985م	53
؟؟؟	؟؟؟	التشيلي	1985م	54
1000	5.7	السلفادور	1986م	55
25000	6.8	أرمينيا	1988م	56
63	7.1	أمريكا - كاليفورنيا	1989م	57
50000	7.7	مانغيل - إيران	1990م	58
856	6.1	الفلبين	1991م	59
؟؟؟	6.3	كولومبيا	1992م	60
؟؟؟	5.8	اليابان	1992م	61
؟؟؟	6.1	مصر	1992م	62
30000	6.4	الهند	1993م	63
60	6.7	أمريكا - نورث درج	1994م	64
15000	7.2	اليابان	1995م	65
28	5.8	الجزائر	1999م	66
450	7.1	تركيا	1999م	67
2400	7.6	تاويوان	1999م	68
49	5.9	اليونان	1999م	69
30000	7.4	تركيا	1999م	70

114	5.7	الهند	1999م	71
1043	6.2	كولومبيا	1999م	72
5072	7.2	اليابان	1995م	73
28	5.8	الجزائر	1999م	74
103	7.9	إندونيسيا	2000م	75
20000	7.7	غوغرات - الهند	2001م	76
30000	6.6	بام - إيران	2003م	77
283000	9.1	سوماترا - أندونيسيا زلزال المحيط الهادي	2004م	78
600	؟؟؟	الحسيمة - المغرب	2004م	79
؟؟؟	؟؟؟	الهند	2004م	80
86000	7.8	كشمير - باكستان	2005م	81
؟؟؟	8.5	جنوب سوماترا	2007م	82
87000	7.9	سيشوان - الصين	2008م	83
296	6.3	إيطاليا	2009م	84
240000	7.0	هايتي	2010م	85
562	8.8	تشيلي	2010م	86
؟؟؟	6.7	المكسيك	2010م	87
181	6.1	نيوزلندة	2011م	88
28000	7.9	هونشو - اليابان	2011م	89
1000	8.9	توهوكو - اليابان	2011م	90
8000	7.8	نيبال	2015م	91
58	7.4	جبال الهيمالايا	2015م	92
لا يوجد	8.0	طوكيو - اليابان	2015م	93

4-11- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من الزلازل والهزات الأرضية والحد من خسائرها:

كما هو الحال في النشاط البركاني، تحدث الهزات الأرضية والزلازل فجأة وفي وقت قصير جداً، مُخلفة وراءها عدداً من الضحايا البشرية إضافةً إلى الخسائر المادية الجسيمة والدمار الهائل، وللحد من ذلك يتوجب اتباع إجراءات الوقاية والسلامة الآتية:

- تحديد مراكز النشاط الزلزالي والمناطق المجاورة لها والمهددة بالخطر كافة.
- الابتعاد عن مراكز النشاط الزلزالي، وعدم تشييد التجمعات السكانية والعمرانية بالقرب منها.
- يجب إخلاء جميع السكان من المواقع التي تعرضت للزلازل.
- يتوجب مساعدة النساء والأطفال وكبار السن والمصابين أو المتضررين، ونقلهم إلى المناطق الآمنة، أو مراكز الإيواء والتي يتوافر فيها جميع الخدمات الطبية والاجتماعية.
- يجب عدم استعمال المصاعد الكهربائية في الأبنية البرجية خشية انقطاع الكهرباء، واستعمال سلالم الطوارئ والنجاة.
- يجب تجنب اللجوء إلى الأماكن المحصورة والأقفية، التي قد تُغلق تماماً من الركام والحطام المتوضع عليها.
- يجب عدم الاقتراب من واجهات المباني الزجاجية أو النوافذ الزجاجية وكذلك المرايا خشية تحطمها وتطايرها على السكان.
- يجب إغلاق التيار الكهربائي عن المنشآت العمرانية التي تعرضت للزلازل كافة.
- يجب إغلاق توصيلات الغاز عن المنشآت العمرانية التي تعرضت للزلازل كافة.
- يجب إغلاق شبكات مياه الشرب عن المنشآت العمرانية التي تعرضت للزلازل كافة.
- يجب إغلاق شبكات الصرف الصحي عن المنشآت العمرانية التي تعرضت للزلازل كافة.
- يجب إغلاق شبكات الاتصالات عن المنشآت العمرانية التي تعرضت للزلازل كافة.
- يجب عدم شرب المياه من الآبار الجوفية، إلا بعد التأكد من الجهات المسؤولة من خلوها من أي تراكيز لعناصر مُشعة أو مواد معدنية أو مركبات عضوية سامة أو غازات خطرة.

- يجب التأكد من سلامة الأبنية والمنشآت العمرانية وجميع خدمات بُنيتها التحتية قبل الدخول إليها والمكوث فيها.
- يجب التقيد والالتزام المطلق من قبل الجميع بخطة الطوارئ المُعتمدة من قبل الجهات الوصائية المعنية كمديريات الدفاع المدني، والصليب الأحمر والهلال الأحمر.
- يجب على الجميع مُساندة وتقديم العون والمُساعدة لجهات الإخلاء والإنقاذ أو الإسعاف والإطفاء، كوزارة الصحة، والمواصلات، والتموين، ومديرية الدفاع المدني، والهلال الأحمر، والصليب الأحمر، وجميع الجهات المعنية الأخرى.
- يجب تفعيل دور المؤسسات المدنية، والخيرية، والاجتماعية، والنقابية في برامج الإغاثة.
- يجب تفعيل مفهوم العمل الجماعي الهادف المُنظم والمُوحد في أعمال الإغاثة، ونبذ العمل الانفرادي.
- يجب تغليب جانب الأمن والسلامة والنجاة على جانب العجلة والمُجازفة.
- يجب تسخير وسائل الاتصالات والإعلام المكتوبة والمرئية والمسموعة في خدمة وإدارة عمليات التخفيف والإغاثة كافة.
- يجب متابعة نتائج الدراسات والأبحاث الحديثة المُتعلقة بطرائق التنبؤ بحدوث الهزات الأرضية.
- يجب دراسة مُعالجة آثار الكارثة الزلزالية على المباني والطرق والخدمات وغيرها، وتقييمها.
- يجب الاهتمام بالأبحاث والدراسات العلمية والتقنية المُعاصرة ودورها الإيجابي في مواجهة الكوارث الناجمة عن الهزات الأرضية والزلازل والحد من أثارها الكارثية.
- يجب أن يُطبق على المباني في دائرة مناطق خطر الهزات الأرضية والزلازل اتباع شروط المباني المُقاومة للزلازل ودعم ذلك الهدف الوقائي رسمياً من قبل الجهات التنفيذية الحكومية، والاستفادة من خبرة الدول المُتقدمة في ذلك كاليابان مثلاً.
- يجب في حالة الشعور بالزلازل أن تتم المُسارعة في الخروج من المنازل والمباني من أبواب الطوارئ بكل هدوء إلى المناطق المفتوحة، والإقامة في الخيام أو المباني المُقاومة للزلازل.

- يجب الاحتفاظ ببنك وسجل معلوماتي عن جميع أنواع الكوارث المُحتملة عامة وعن الزلازل خاصة، ويكون في مُتناول الجميع ومن السهل الوصول إليه.
- يجب على سائقي أو راكبي المركبات في حالة الشعور بالهزات الأرضية والزلازل، عدم عبور الجسور وكذلك عدم استعمال الأنفاق، أو التوقف أسفل المُنحدرات الجبلية خشية تساقط القطع الصخرية أو انهيارها.
- يجب تزويد محطات إنتاج الطاقة الكهربائية العادية أو النووية بأنظمة إغلاق آلية أوتوماتيكية، تعمل على إيقاف عمل تلك المحطات عند حدوث الهزات الأرضية والزلازل.
- يجب تزويد محطات تحلية أو مُعالجة مياه الشرب بأنظمة إغلاق آلية أوتوماتيكية، تقوم بإيقاف عمل تلك المحطات عند حدوث الهزات الأرضية والزلازل.
- يجب توعية السكان وتدريبهم بشكل دوري على طرائق وآليات التصرف عند حدوث الهزات الأرضية والزلازل، كالبحث عن القابض تحت الأثاث ونشلهم وإنقاذهم ونقلهم إلى المراكز الصحية ومُعالجتهم.
- يجب على الجهات الوصائية التنفيذية الحكومية وضع خطط طوارئ، يتم العمل والتفكير بها وتنفيذها من قبل جميع الوزارات والهيئات والمؤسسات والشركات كل فيما يقع تحت مسؤوليته التنفيذية.
- تزويد مناطق الخطر الزلزالي بأجهزة دفاع مدني كافية وفاعلة لتتمكن من إيواء من سُردتهم الهزات الأرضية والزلازل.
- يجب العمل على سرعة وصول المُعدات اللازمة للإنقاذ وتسهيل وصول فرق الإنقاذ المُختلفة عبر المنافذ الحدودية والمطارات في هذا الوضع الاستثنائي دون إجراءات روتينية كالجمارك وسمات الدخول وغيرها.
- يجب مُعالجة السليبيات التي تم رصدها أثناء تنفيذ إجراءات الوقاية والسلامة أو أثناء عمليات الإنقاذ أولاً بأول ووضع الحلول العملية لمُعالجتها حتى لا تتكرر مُستقبلاً.



5- الفصل الخامس

أمواج التسونامي



5-1- المقدمة:

أمواج التسونامي Tsunami wave مُصطلح مُشتق من اللغة اليابانية، ويتألف من مقطعين Tsu- تسو وتعني الميناء أو المرفأ و name - نامي وتعني الموجة، ولذلك فهي تعني موجة الميناء أو موجة المرفأ، وتعني كلمة التسونامي باللغة الانكليزية harbor wave. كما أطلق على أمواج التسونامي أيضاً أمواج المد الزلزالي أو أمواج البحر الزلزالية وهي تعابير غير دقيقة تماماً لأنها تربط آلية نشوء أمواج التسونامي بالنشاط الزلزالي فقط، لكن حقيقة الأمر أن أمواج التسونامي يمكن أن تنشأ من عوامل أخرى ليس لها علاقة بالزلازل أو النشاط الزلزالي.

والحقيقة أنه من غير المستغرب أن يكون أصل الكلمة يابانياً، إذ تنتشر مجموعة الجزر اليابانية غربي المحيط الهادي ضمن المنطقة التي يحيط بها ما يُطلق عليه مُصطلح حزام النار، وهي منطقة غير مُستقرة جيولوجياً وتتعرض بصورة شبه مُستمرة للهزات الأرضية والزلازل تحت البحرية المُدمرة التي ينشأ عنها في أغلب الأحيان أمواج التسونامي (جدول-7).

تتضمن منطقة حزام النار كامل المحيط الهادي والأجزاء الشمالية الشرقية من المحيط الهندي، ممتدة من الشواطئ الغربية للقارتين الأمريكيتين الشمالية والجنوبية إلى غربي اليابان والشواطئ

الشرقية لآسيا والصين مروراً بمنطقة بورما والقسم الشمالي الشرقي من المحيط الهندي ومنطقة شمالي استراليا، بالإضافة إلى جزر هاواي التي تقع في وسطها.

5-2- أسباب تشكل أمواج التسونامي:

لقد ربط الباحثون أسباب تشكل أمواج التسونامي مع العمليات الطبيعية التي تستطيع أن تزيح كتلة هائلة من مياه البحار والمحيطات عن موضع ومكان اتزانها واستقرارها، وهي:

- النشاط الزلزالي تحت قيعان البحار والمحيطات.
 - النشاط البركاني ضمن البحار والمحيطات.
 - حدوث الانهيارات أو الانزلاقات لأرضية قيعان البحار والمحيطات.
 - سقوط النيازك أو الأجسام الكونية الضخمة على المسطحات المائية من بحار ومحيطات.
- تحتل أمواج التسونامي المرتبطة مع الهزات الأرضية والزلازل تحت البحرية ذات البؤر الزلزالية غير العميقة المرتبة الأولى من مجمل أمواج التسونامي ويعود لها نحو 90% من مجمل أمواج التسونامي التي يشهدها العالم، وبذلك تكون أوسعها وأكثرها انتشاراً. وتنتشر مثل هذه الهزات الأرضية عادةً على طول الحواف الهامشية الفاصلة بين الصفائح التكتونية، ولا سيما بين الصفائح المتقاربة والمتصادمة، وهذا يؤدي إلى انغراس إحدى الصفائح تحت الصفيحة المقابلة لها فتؤدي إلى تغير في ميل أو خلخلة وانزياح القيعان المحيطية لعدة عشرات أو مئات الكيلومترات، وهذا يؤدي بدوره أيضاً إلى تشكل ونشوء وبشكل مفاجيء حركة رأسية للمياه الواقعة فوق مركز الهزة الأرضية، وينجم عن ذلك أمواج دائرية متلاحقة تنطلق من مركز الزلزال وتتحرك نحو الشواطئ القريبة أو البعيدة تبعاً لقوة الهزة الأرضية والزلزال. هذا وتجدر الإشارة هنا إلى أن المؤرخ اليوناني توسيديديس Thucydides 460-395 ق.م. يُعد أول من ربط بين تشكل أمواج التسونامي مع الهزات الأرضية تحت البحرية، ورغم ذلك فإن فهم طبيعة هذه الظاهرة بشكل جلي وواضح بقي محدوداً حتى بداية النصف الثاني من القرن الميلادي الماضي.

لقد لاحظ العلماء أن أمواج التسونامي المدمرة التي يشهدها العالم، تكون على ارتباط وثيق مع الهزات الأرضية والزلازل تحت البحرية والتي تزيد قوتها عن 7.5 على مقياس ريختر، وأن نحو 65% منها تحدث في المحيط الهادي (شكل-33).

شكل-33: أمواج التسونامي، ونسب توزيعها على بحار ومحيطات العالم.

يتضح من الخارطة (شكل-34) ومع مقارنة خارطة توزيع مواقع الهزات الأرضية والزلازل في العالم (شكل-29)، الارتباط بين مواقع حدوث الهزات الزلزالية وأمواج التسونامي على صعيد العالم.

شكل-34: خارطة العالم، مواقع انتشار الهزات الأرضية والزلازل وأمواج التسونامي التي أعقبتها والتي تم رصدها بين عامي 1900-2004م.

تتميز الأمواج المرتبطة بالزلازل ذات القوة العالية والتي ينجم عنها انزياح كبير لقيعان البحار والمحيطات بطول موجاتها الكبير والفترة الزمنية الكبيرة الفاصلة بين موجتين متتاليتين، وعلى النقيض من ذلك تتميز الموجات الناتجة عن الهزات الأرضية والزلازل المرتبطة بانهيار القيعان البحرية والمحيطية بطول موجات قصيرة وفترات زمنية قصيرة تفصل بين موجاتها المتتالية، علماً أن الفترات الزمنية الفاصلة بين موجتين متتاليتين تُراوح عادةً بين 5-90 دقيقة.

تُعد أكثر الأمثلة على أمواج التسونامي المرتبطة بالهزات الأرضية والزلازل، تلك التي أعقبت زلزال تشيلي عام 1960م وبلغت شدته 8.3 على مقياس ريختر والذي أدى إلى انزياح قاع المحيط نحو 1000 كم. ولم يقتصر تأثير أمواج التسونامي الهدمي ودماره على تشيلي إنما تعداها إلى جميع الدول المطلة على المحيط الهادي كجزر هاواي واليابان.

أيضاً تلت زلزال جنوب شرق آسيا أو ما يُطلق عليه زلزال سوماطرة أو زلزال المحيط الهادي لعام 2004م وبلغت قوته 9.0 على مقياس ريختر، تشكل ونشوء أمواج تسونامي مُدمرة لم تقتصر آثارها التدميرية على سوماطرة بل تعدتها لتشمل كل من إندونيسيا، وسريلانكا، وبنغلادش، والهند،

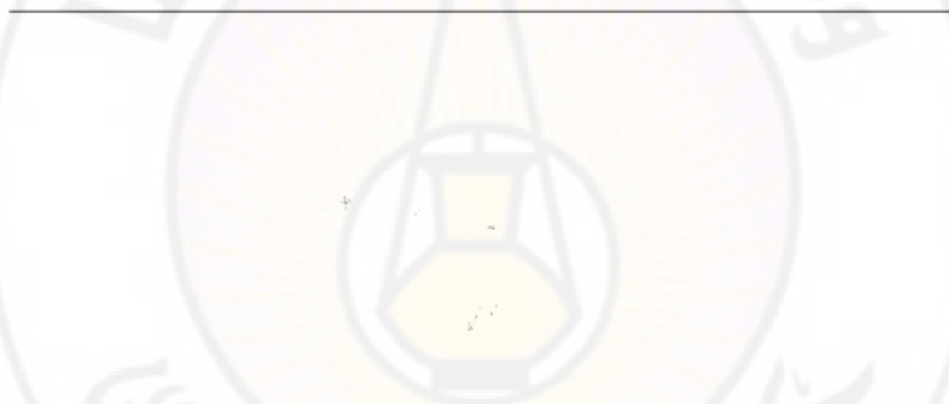
وماليزيا، والمالديف، ومينمار، وتايلاند، وسينغافورة وامتد تأثيرها ليصل جزر الكوكس، وكينيا، والصومال، وعمان، واليمن، ومدغشقر، وسيشل ممتدة إلى سواحل أمريكا الجنوبية وأستراليا. أيضاً أمواج التسونامي التي شهدتها اليابان عام 1896م والتي دمرت شواطئ مدينة هونشو اليابانية وميناء سانريكو بالكامل، ولم يشعر صيادو السمك القابعون في قواربهم على مسافة تبعد قرابة 30 كم عن شواطئ مدينة هونشو اليابانية من مرور أمواج التسونامي المدمرة من تحت قواربهم دون أن تترك أي تأثير فيها ولم يلاحظوا أي شيء حيث إن ارتفاع الموجات لم يتجاوز عند موقعهم الـ 40 سم، وعندما وصل الصيادون لميناء سانريكو لم يصدقوا ما رأته أعينهم من هول الدمار والخراب الذي أحدثته أمواج التسونامي التي مرت أسفل قواربهم دون أن يشعروا بها، ودمرت كل ما صادفته لمسافة امتدت لنحو 200 كم، وتسببت في مصرع قرابة 28000 نسمة. هذا ولقد تعرض ميناء سانريكو الياباني لتسونامي مدمر آخر في عام 1923م، بلغ ارتفاع أمواجه البحرية نحو 25م ونتج عنه مصرع نحو 3000 نسمة.

5-3- آلية تشكل أمواج التسونامي:

عند حدوث هزات أرضية عنيفة تحت بحرية بشكل مُباغت ومُفاجيء، تؤدي إلى اضطراب كبير يتمثل برفع أو خفض القيعان البحرية والمحيطية وثم خلخلة المياه الواقعة فوقها ثم تحريك مُفاجئ وعمودي لكمية كبيرة من هذه المياه كانت قبل حدوث الهزة الأرضية ثابتة ومستقرة، ويؤدي أيضاً لتشكيل أمواج التسونامي المدمرة التي تنطلق مُبتعدة عن مركز الهزات الأرضية على هيئة سلسلة من الأمواج المُتسارعة في صمت عبر مياه المحيطات العميقة دون أن تُثير الانتباه، لتظهر بشكل مُباغت في المناطق الشاطئية ذات المياه الضحلة على هيئة أمواج عالية عاتية مدمرة مُحديثة فيضانات هائلة ودماراً كارثياً شاملاً.

نتيجة حجم أمواج التسونامي الهائل فإنها تتحرك في مناطق أعالي البحار والمحيطات بسرعة كبيرة تُراوح بين 700-750 كم/سا وتقطع مسافات طويلة دون أن تفقد الكثير من طاقتها ويكون لها القدرة على عبور مُحيط كامل بمدة نقل عن اليوم الواحد، بينما لا يتجاوز ارتفاعها المتر الواحد

(2-3 قدم)، لكن عندما تقترب هذه الأمواج من المياه قليلة الأعماق في الجرف القاري المُحاذي للمناطق الشاطئية تقل سرعتها، بينما يزداد ارتفاعها ليتجاوز أغلب الأحيان عشرة الأمتار، وعندما تصل إلى اليابسة فإنها قد تكون على شكل سلسلة من الأمواج المُدمرة (شكل-35)، وتتسبب الطاقة الهائلة التي تملكها أمواج التسونامي في دخول كميات ضخمة من الماء داخل اليابسة وبسرعة تُقدر بنحو 70 كم/سا ويغطي الفيضان المُصاحب للأمواج التسونامي مسافة قد تتعدى في غالب الأحيان الـ 300م من خط الساحل وإلى أماكن أبعد بكثير مما قد تصل إليه أقوى أمواج المد البحري العادية.



شكل-35: آلية تشكّل أمواج التسونامي، نتيجة سلسلة من الهزات الأرضية العنيفة عكبت تشكّل الصدع.

يُلاحظ مما سبق العلاقة بين عمق الوسط البحري وطول الأمواج وسرعتها، فكلما كانت المياه عميقة كان طول الأمواج كبيراً وكذلك سرعتها ويكون ارتفاعها محدوداً غير محسوس، ومع الانتقال من مناطق أعالي البحار والمحيطات باتجاه المناطق الشاطئية فإن عمق الوسط البحري ينخفض ويقصر طول الأمواج وتتناقص سرعتها ويزداد ارتفاعها، ويوضح (الجدول-6) التالي العلاقة بين عمق الوسط البحري، وطول أمواج التسونامي وسرعتها.

جدول-6: العلاقة بين عمق الوسط البحري، وطول أمواج التسونامي وسرعتها.

عمق الوسط البحري ب م	سرعة الأمواج ب كم/سا	طول الموجة ب كم	ارتفاع الموجة ب م
10	36	10.6	9 <
50	79	23	9-3
200	159	49	3-2
2000	504	151	2-1.5
4000	713	213	1.5-0.5
7000	943	282	0.5

لقد قسم الباحثون آلية تشكل أمواج التسونامي لثلاث مراحل متلاحقة، لكنها مُتمايزة عن بعضها وهي: " مرحلة الانبعاث والتولد، ومرحلة الانتشار وأخيراً مرحلة الإغراق.

• **مرحلة الانبعاث والتولد:** وتنشأ كنتيجة مباشرة للهزة الأرضية تحت البحرية والتي تؤدي لاضطراب المياه الواقعة فوقها.

• **مرحلة انتشار أو انتقال الأمواج:** وتُمثل مرحلة انتشار أمواج التسونامي في مياه مناطق أعالي البحار والمحيطات، حيث تكون سرعة الأمواج تُقارب سرعة الطائرة النفاثة، وارتفاعها لا يتجاوز المتر الواحد.

• **مرحلة الإغراق:** وتُمثل مرحلة انتشار أمواج التسونامي في مياه البحار والمحيطات قليلة العمق والقريبة من الشواطئ، تتعاقب الأمواج وتتضغط فيتناقص طولها ويزداد ارتفاعها لما يزيد على عشرة الأمتار، كما تزداد طاقتها وتُشكل حائطاً من المياه يصطدم بالمناطق الشاطئية مُدمراً كل ما يُصادفه أو يعترض طريقه، وتزداد خطورة أمواج التسونامي في مناطق الخلجان البحرية أو المناطق الساحلية شديدة التعرجات والالتواءات والبروزات والانحناءات وهذا يؤدي لتداخل أمواج التسونامي وُثم ازدياد شدتها التدميرية.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الهزات الأرضية والزلازل تحت البحرية غالباً ينتج عنها تراجع هائل للمياه من المنطقة الساحلية باتجاه عمق البحر، وهذا يؤدي إلى تحول مساحات شاسعة من المناطق

القريبة من الساحل إلى مناطق يابسة نتيجة تراجع هذه المياه وبعد فترة وجيزة "30-50" دقيقة تأتي أمواج التسونامي المدمرة. ويُستفاد من هذه الملاحظة، في العمل على إنذار السكان المقيمين في المناطق الساحلية المهددة بأمواج التسونامي واتخاذ الإجراءات الوقائية والاحتياطات المناسبة وكذلك إخلاء تلك المناطق وهذا يؤدي إلى تقليص عدد الضحايا البشرية وحجم الخسائر المادية.

5-4- الاختلاف بين أمواج التسونامي والأمواج البحرية والتيارات المد والجزر:

تختلف أمواج التسونامي عن الأمواج البحرية العادية المتولدة من الرياح، أو من المد والجزر في أسباب نشأتها وخصائصها من حيث طول الموجة وارتفاعها وسرعتها، فالرياح الخفيفة التي تهب على البحار والمحيطات تؤدي إلى نشوء أمواج قصيرة تحرض تيارات مائية تقتصر على الطبقة السطحية الضحلة للمياه، بينما ينشأ عن العواصف الريحية العاتية أمواج بحرية سطحية قد يبلغ ارتفاعها أحياناً إلى نحو 30م في مناطق أعالي البحار والمحيطات، ولا يكون لهذه الأمواج الطاقة الكافية لتحريك طبقة المياه العميقة على عكس أمواج التسونامي التي تتدفع في أعماق المحيطات بسرعة كبيرة جداً، أما أمواج المد والجزر فتتسبب عن قوى الشد الناجمة عن جاذبية القمر والشمس وينشأ عنها تيارات مائية تصل إلى قاع المحيط كما هو الحال في أمواج التسونامي، بينما تنشأ أمواج التسونامي نتيجة حركة الدفع الفجائية لمياه البحار والمحيطات والناجمة إما عن الهزات الأرضية والزلازل تحت البحرية، أو النشاط البركاني تحت البحري، أو انزلاق أرضية قاع المحيط أو سقوط جرم كوني "تيزك" على سطح البحر.

يُراوح الزمن الفاصل بين موجتين بحريتين عاديتين بين 5-20 ثا، بينما يُراوح في أمواج التسونامي بين عشر دقائق إلى ساعتين.

لا يتجاوز طول الأمواج البحرية العادية عشرات الأمتار، بينما يُراوح طول أمواج التسونامي بين عدة مئات الكيلومترات.

تُراوح سرعة الأمواج البحرية العادية بين 5-50 كم/سا، بينما تُراوح سرعة أمواج التسونامي بين 70-950 كم/سا.

5-5- إمكانية التنبؤ في حدوث أمواج التسونامي:

لقد مكن التقدم المعرفي والتقني الهائل في مجال تحليل وتفسير البيانات والصور الفضائية المرسلة من الأقمار الاصطناعية، وكذلك من لواقط الاستشعار البحرية الطافية، وأيضاً من محطات الرصد الزلزالي ومحطات رصد وتسجيل حركة وضغط عمود الماء تحت البحري وتغيرات ارتفاعه، من التنبؤ بشكل دقيق بسرعة أمواج التسونامي والزمن الذي تحتاجه للوصول إلى مواقع محددة، وهذا يُتيح إمكانية إخلاء تلك المواقع من سكانها فيما إذا توافرت أيضاً وسائل ووسائل إنذار مبكر، وخفض عدد الضحايا من السكان، إلا أن ذلك كله لا يساعد في خفض الأضرار المادية الجسيمة التي تسبب بها أمواج التسونامي.

5-6- الكوارث الطبيعية المرتبطة بأمواج التسونامي:

ينجم عن أمواج التسونامي:

- عدد كبير من الضحايا البشرية من قتلى أو جرحى.
- خسائر مادية فادحة ناتجة عن تدمير وانهيار المنشآت العمرانية وتحطم البنى التحتية من شبكات الصرف الصحي أو شبكات تمديد قنوات مياه الشرب وخطوط نقل الغاز والهاتف والكهرباء وشبكات الاتصال.
- خسائر الفيضانات المرافقة لأمواج التسونامي والمتمثلة بالانهيارات الأرضية وانزلاق التربة الزراعية واندثار الغطاء النباتي.
- غرق المنشآت السياحية أو تدميرها وفقدان آلاف الوظائف وانعكاس ذلك بشكل سلبي ومباشر على اقتصاد الدول، وكذلك على حياة الناس وظروف معيشتهم.
- انتشار عدد من الأوبئة والأمراض نتيجة تلوث مياه الشرب وانخفاض مستوى النظافة ونقص وسائل التدفئة.
- تصدع وانهيار أجزاء من الشعاب المرجانية الضحلة وغابات أشجار المانغروف، بالإضافة إلى هلاك عدد كبير من الكائنات الحية البحرية والبرية.

5-7- أشهر حوادث أمواج التسونامي التي شهدتها العالم:

لا تُعد أمواج التسونامي ظاهرة نادرة الحدوث، فقد تكرر حدوثها خلال القرن العشرين وبداية القرن الحادي والعشرين نحو 796 مرة، ومن أشهر أمواج التسونامي التي تم وصفها أو رصدها عبر التاريخ تلك المدرجة في (الجدول-7) الآتي:

جدول-7: أشهر أمواج تسونامي التي شهدتها العالم.

السنة	البلد	عدد الوفيات	ارتفاع أمواج التسونامي
8200 ق.م.	النرويج	؟؟	400م
8000 ق.م.	النرويج	؟؟	؟؟
6300 ق.م.	شرقي البحر المتوسط - أثينا	؟؟	؟؟
1628 ق.م.	ثورة بركان "سانتوريان" اليونان	؟؟	90م
479 ق.م.	اليونان	؟؟	؟؟
426 ق.م.	زلزال أيوبيا	؟؟	؟؟
373 ق.م.	زلزال اليونان أتبغ بفيضان عارم	؟؟	؟؟
79 م	بركان خليج نابولي إيطاليا	؟؟	؟؟
365 م	زلزال اليونان	31000	30م
551 م	زلزال القسطنطينية	30000	؟؟
684 م	زلزال جزيرة هيكوهو - اليابان	؟؟	؟؟
869 م	زلزال سانريكو - اليابان	1000	؟؟
887 م	زلزال جزيرة نينا ناكاي - اليابان	؟؟	؟؟
1293 م	زلزال جزيرة كاماكورا - اليابان	؟؟	؟؟
1303 م	زلزال شرقي المتوسط	؟؟	؟؟
1361 م	زلزال شوهاي نانكاي - اليابان	؟؟	؟؟

1498م	زلزال جزيرة مايو - اليابان	31000	؟؟
1541م	زلزال فينزويلا	؟؟	؟؟
1586م	زلزال اليابان	8000	؟؟
1601م	سويسرا	8	؟؟
1605م	زلزال نانيكايدو اليابان	5000	؟؟
1607م	طوفان قناة بريستول - بريطانيا	2000	؟؟
1611م	زلزال سانريكو اليابان	5000	؟؟
1655م	زلزال لشبونة	100000	؟؟
1674م	زلزال إندونيسيا	2243	100م
1698م	زلزال سايكايو - اليابان	؟؟	؟؟
1700م	زلزال فانكوفر - كندا	؟؟	؟؟
1703م	زلزال شبه جزيرة بوسو اليابان	5233	؟؟
1707م	زلزال جزيرة هويوه اليابان	30000	10م
1737م	كامشنيكا - روسيا	؟؟	64م
1741م	بركان أوشيما - اليابان	1461	90م
1746م	زلزال ليما - البيرو	4800	؟؟
1751م	زلزال هونشو - اليابان	2100	؟؟
1755م	زلزال لشبونة البرتغال	60000	15م
1771م	زلزال جزيرة إيكيناوا - اليابان	13486	85م
1781م	زلزال تايوان	؟؟	30م
1792م	بركان كوشو اليابان	4300	55م
1833م	زلزال سوماطرة	؟؟	؟؟
1854م	زلزال نانكاي - اليابان	3000	16.5م
1855م	زلزال إيدو - اليابان	8000	؟؟
1858م	بحر الشمال	؟؟	؟؟

1867م	زلزال اليونان	12	؟؟
1868م	زلزال جزر هاواي	25674	15م
1868م	زلزال تشيلي - البيرو	70000	؟؟
1876م	الفلبين	5000	؟؟
1877م	زلزال شمال تشيلي	2541	؟؟
1883م	بركان جزيرة كراكاتوا اليابانية	36000	40م
1888م	بركان جزيرة رينر ألمانيا	36000	8م
1896م	زلزال هونشو - اليابانية	26000	38م
1899م	أندونيسيا	2460	؟؟
1899م	آلاسكا	؟؟	61م
1905م	النرويج	63	؟؟
1906م	كولومبيا والاكادور	1500	5م
1908م	زلزال ميسينا - إيطاليا	123000	11م
1923م	زلزال كانتو - اليابان	1260	12م
1929م	زلزال نيوفاوندلاند	28	7م
1933م	زلزال هونشو - اليابان	3022	29م
1944م	زلزال جزيرة توناكاي - اليابان	1223	؟؟
1945م	زلزال بلوشستان	؟؟	؟؟
1946م	زلزال هاواي	165	12م
1952م	كاشميركا - روسيا	2336	؟؟
1958م	زلزال آلاسكا	؟؟	؟؟
1960م	زلزال تشيلي	1300	25م
1963م	زلزال إيطاليا	2000	؟؟
1964م	زلزال جزيرة نيغاتا - اليابان	138	30
1964م	زلزال أنكوراج - آلاسكا	120	30م
1976م	زلزال خليج مورو الفلبين	8000	9م

9م	180	زلزال أندونيسيا	1978م
5م	259	زلزال كولومبيا	1979م
260م	؟؟	واشنطن - أمريكا	1980م
14م	104	اليابان	1983م
25م	2500	زلزال إندونيسيا	1992م
9.9م	230	زلزال نيكاراغوا	1992م
31م	330	هوكايدو - اليابان	1993م
؟؟	250	زلزال إندونيسيا	1994م
7.7م	62	زلزال الفلبين	1994م
؟؟	11	زلزال أندونيسيا	1995م
؟؟	1	زلزال المكسيك	1995م
؟؟	96	زلزال إندونيسيا	1996م
15م	2183	زلزال غينيا الجديدة	1998م
؟؟	17000	زلزال تركيا	1999م
؟؟	2000	زلزال الجزائر	2003م
30م	231000	زلزال المحيط الهندي	2004م
؟؟	170000	زلزال سريلانكا	2005م
؟؟	700	زلزال إندونيسيا	2006م
؟؟	؟؟	جزر الكوريل	2006م
؟؟	8	زلزال جزيرة ساليمون	2007م
؟؟	100	زلزال كوريا الجنوبية	2009م
؟؟	435	زلزال سومطرة	2010م
؟؟	؟؟	زلزال تشيلي	2010م
11م	15550	زلزال هونشو اليابان	2011م
3.5م	؟؟	زلزال نيوزيلندا	2011م
؟؟	؟؟	زلزال جزر السلطون	2013م

5-8- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر أمواج التسونامي والحد من خسائرها:

➤ إنشاء نظام فعال للإنذار المبكر:

تُعَدُّ عملية إنشاء نظام فعال للإنذار المبكر من أمواج التسونامي من أهم الخطوات التي تساعد في الحد من مخاطره، فعند ظهور مؤشرات مؤكدة على حدوث هزات أرضية مُولدة لموجات تسونامي يتم إصدار أوامر الإخلاء من المواقع المحتمل تعرضها لموجات التسونامي المُدمرة عبر وسائل الإعلام المرئية والمسموعة والمقروءة، وبذات الوقت يتم إبلاغ كافة الجهات والمنظمات المعنية بحالات الطوارئ والإغاثة.

يعتقد خبراء الزلازل والكوارث الطبيعية أن حجم الكارثة من ضحايا بشرية وخسائر مادية التي طالت الدول المُطلة على المُحيط الهندي عام 2004م ، تضاعفت لعدم توافر أنظمة إنذار مبكر لأمواج التسونامي في هذه الدول، والتي كان من الممكن تفادي قدر كبير منها في حال توافر أنظمة إنذار مبكر.

يُوضح (الشكل-36) آلية عمل محطات الإنذار المبكر من أمواج التسونامي، فعند حدوث هزة أرضية يتم تسجيلها في محطات الرصد الزلزالي، كما يتم بذات الوقت وبشكل آني قراءة وتسجيل تغير مستوي سطح البحر وتسجيلات محطات تغير وتبدل ضغط مياه البحر في مواقع مُتعددة ويتم إرسال جميع هذه المُعطيات لمحطات الأقمار الفضائية التي تُرسلها بدورها لمحطات المُعالجة الأرضية التي تُحدد حجم الخطر المُمكن حدوثه ومدى ضرورة إخلاء المناطق المأهولة والمُهددة من سكانها.

لكن وعلى الرغم من أن أنظمة ووسائل الإنذار المبكر لحدوث أمواج تسونامي تطورت وأصبحت أكثر دقة، لكنها تبقى عديمة النفع وغير فعالة، إذا لم يتوافر لدى سكان المناطق الساحلية الوعي الكافي لأخطار الكارثة المرتبطة بها وكذلك الاستجابة السليمة إزاءها، لذلك يجب أن تتركز جهود الجهات الحكومية المعنية على توعية المُجتمعات السكانية من خلال بث برامج توعية تثقيفية شعبية مسموعة ومقروءة ومرئية، تتضمن التعريف بالمؤشرات التي تسبق حدوث أمواج التسونامي المُحتملة مثل:

شكل-36: رسم توضيحي لأقسام وآلية عمل محطات الإنذار المبكر من أمواج التسونامي.

- حدوث هزات أرضية وزلازل تحت بحرية تزيد قوتها في أغلب الأحيان على 5 درجات على مقياس ريختر .
 - ملاحظة التصرفات الغريبة غير المألوفة لبعض الحيوانات ولا سيما ذات القوائم الأربع .
 - تسجيل تغيرات في مناسيب المياه الجوفية.
 - تسجيل تغيرات في معدل الإشعاع، والمرتبط غالباً بتسرب غاز الرادون عبر الشقوق الأرضية.
- كما تتضمن هذه البرامج تحديد آليات الاستجابة الفورية والسريعة لمغادرة الأماكن المحتمل تعرضها لأمواج التسونامي، من خلال معرفة الطرق الواجب سلوكها واتباعها للتوجه بأسرع وقت للأماكن الجبلية المرتفعة والأمنة.
- أيضاً هناك بعض الإجراءات الوقائية التي قامت بها بعض الدول للحد من مخاطر أمواج التسونامي التي قد تضرب مدنها الساحلية وذلك من خلال:

➤ وضع خرائط توزع الكوارث الطبيعية:

إعداد ورسم خرائط يحدد عليها جميع المناطق التي يمكن أن تتعرض لأمواج التسونامي، كما ويوقع عليها البؤر الزلزالية وقدرها، وكذلك كل المناطق التي يمكن أن تشهد انزلاقاً أرضياً أو انهياراً لتربةها.

➤ إنشاء مصدات بحرية طبيعية: على امتداد شواطئ مدنها الساحلية مثل:

➤ زراعة غابات المانغروف:

تتمو أشجار المانغروف الاستوائية عادةً في المُستنقعات والمناطق الساحلية والاستوائية، ولقد أثبتت المُشاهدات الميدانية الحقلية وكذلك الدراسات المُنجزة من قبل الاتحاد الدولي لحماية البيئة تفاصيل دقيقة حول الدور الذي أدته غابات أشجار المانغروف الاستوائية في حماية المدن الساحلية من أمواج التسونامي، وأوضحت أن أشجار المانغروف تستطيع استيعاب بين 70-90% من طاقة أمواج التسونامي المُدمرة.

➤ الشعاب المرجانية:

تُعد الشعاب المرجانية من أجمل البيئات البحرية ذات الإنتاجية العالية والتنوع الكبير، كما تُعد أكثر الكائنات المُسنة في المملكة الحيوانية حيث يستمر نموها مئات السنين. لقد برهنت الوقائع صمود الشعاب المرجانية في وجه أمواج تسونامي العاتية، رغم وجودها قبالة المسار المُباشر لها وتأثرها بأضرار طفيفة نتيجة ردمها بشكل جزئي بالحطام والمُخلفات الناتجة عن المُنشآت المُنهارة التي تم جرفها إلى البحر.

فغابات أشجار المانغروف والشعاب المرجانية تُمثل حواجزً طبيعية ودرعاً واقياً، فمن الضروري وجودها على كل شاطئ، ومن الخطأ الفادح إزالة هذه الحواجز الطبيعية بهدف إنشاء المُتنزهات والمُنشآت العمرانية، ولقد لاحظ العلماء أن وجودها كان كفيلاً بالحد من قوة أمواج التسونامي ومنعها من التوغل كثيراً داخل اليابسة.

➤ إنشاء مصدات بحرية اصطناعية:

بناء تحصينات وجدر إسمنتية عملاقة على امتداد سواحل المدن أو على أجزاء منها.

6- الفصل السادس

الشقوق والفوالق الأرضية

6-1- المقدمة:

يؤدي عدم اتزان صخور القشرة الأرضية نتيجة القوى والجهود الواقعة عليها إلى حدوث الشقوق والفوالق الأرضية وبشكل مفاجئ قد ينجم عنها كوارث ولا سيما عند حدوثها في المناطق المأهولة والمزدحمة بالسكان، ويكمن الخطر الحقيقي للشقوق والفوالق الأرضية أنها تحدث بشكل مباغت، دون أي إنذار مسبق، ودون إمكانية التنبؤ في حدوثها، وهو ما لا يتيح اتخاذ الإجراءات الاحترازية المناسبة لمنع حدوثها أو الحد من وقوع عدد كبير من الضحايا وكذلك الحد من الخسائر المادية.

6-2- أسباب تشكل الشقوق والفوالق الأرضية:

ترتبط أسباب تشكل الشقوق والفوالق الأرضية عادةً مع العمليات الجيولوجية "الحركية" الدينامكية التي ينشأ عنها مجموعة من القوى أو الجهود المتباينة، ويمكن أن تعود إلى الأسباب الرئيسية الآتية:

- الانهيارات والانزلاقات الأرضية.
- الهزات الأرضية والزلازل.
- النشاط البركاني والبراكين.
- عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية.
- حركة المياه الجوفية أو ارتفاع مناسيبها.
- عدم تصريف مياه الأمطار أو مياه الصرف الزراعي أو مياه الصرف الصحي بصورة صحيحة، وتنشأ غالباً إما لعدم عزل أنابيب الصرف بشكل جيد، أو كنتيجة عدم الأخذ بعين الاعتبار درجات الميل.

6-3- أنواع الشقوق والفوالق الأرضية:

تتفاوت أبعاد الشقوق والفوالق الأرضية بشكل كبير جداً، من حيث طول امتدادها، وأعماقها، وكذلك عرض اتساعها، بين المقاييس والأبعاد المليمترية والأبعاد الكيلومترية.

6-3-1- أنواع الشقوق الأرضية: وهي شقوق أرضية تُشاهد في الصخور الصلدة التي تعرضت للإجهاد دون أن يحدث بها أي انزلاق أو حركة على جانبي الشق. وتُقسم تبعاً لمنشئها إلى الأنواع الرئيسة الآتية:

- الشقوق التكتونية: وتنتشأ نتيجة إخضاع الصخور الصلدة الصلبة لإجهادات وقوى شد متعاكسة، تؤدي إلى تفلقها (شكل-37).

شكل-37: صورة تبين الشقوق ذات المنشأ التكتوني.

- الشقوق الطبقيّة "الستراتغرافية": وتنتشر على طول امتداد الحدود الفاصلة بين طبقات الصخور الرسوبية المتتالية (شكل-38)، وتنتشأ نتيجة الانقطاع عن الترسيب، أو نتيجة التغير الليتولوجي للوحدات الصخرية المتعاقبة رأسياً.

شكل-38: صورة توضح الشقوق الطبقيّة "الستراتغرافية" والناجمة عن تناوب طبقات الصخور الكلسية الصلدة، مع طبقات الصخور الرملية الأقل صلادة.

- الشقوق الناجمة عن الفروقات الحرارية: يُشاهد تأثير اختلافات درجة الحرارة بوضوح في المناطق الصحراوية ذات المناخ القاري الجاف، وتؤدي اختلافات درجة الحرارة بين فصول السنة أو بين الليل والنهار، إلى تكرار عمليتي تقلص الصخور وتمددتها وخلخلتها، وهذا يؤدي نهاية المطاف إلى تفتتها وتكسرها وتهشمها، فالصخور تُعدّ من الأجسام ذات التوصيل الحراري الرديء، وعندما ترتفع درجة الحرارة في النهار تسخن الطبقات السطحية

الخارجية للصخور أكثر من الطبقات الداخلية أو العميقة، وهذا يقود إلى التباين في تمدد أجزاء الصخر ككل. يُؤدّي هذه الفروق الحرارية بين الطبقات السطحية الخارجية للصخور وأجزائها الداخلية إلى تفتت الأجزاء السطحية منها بسرعة وبشكل مواز لسطح الصخر الخارجي، وهذا ما يُطلق عليه التقشر البصلي، أمّا عندما تنخفض درجات الحرارة ليلاً فتبرد السطوح الخارجية للصخور المعرضة للجو بسرعة أكبر من تبرد الأجزاء الداخلية والعميقة منها، وهذا يُؤدّي إلى تقلص الطبقات السطحية الخارجية للصخور أكثر من أجزائها الداخلية، ويقود ذلك إلى تشقق الصخر وتحوله لاحقاً إلى فُتات صخري (شكل-39).

شكل-39: صورة توضح التقشر البصلي الناتج عن تباين درجات الحرارة.

■ شقوق إزالة الثقل: تخضع التوضعات الرسوبية المتوضعة ضمن أحواض الترسيب الطبيعية تحت تأثير قوى ضغط الرسوبات التي تعلوها وتتوضع فوقها وتتزايد مع مرور الزمن، وتكون هذه القوى مساوية وزن عمود من التوضعات الرسوبية المتوضعة فوقها وتكون مُتساوية في جميع الاتجاهات، وهذا ما يُطلق عليه اسم الضغط الحابس، يُؤدّي هذا الضغط عادةً إلى

رفع حد مرونة الصخر الواقع عليه، أي إنه لا يفقد إلى نشوء تشوهات دائمة أو تحطم التوضعات الصخرية الواقعة تحت تأثيره وتفتتها. لاحقاً قد تقود عوامل التعرية أو الحركات البنائية التكتونية الإقليمية إلى تكشف أو رفع هذه التوضعات الرسوبية المتوضعة ضمن أحواض الترسيب العميقة إلى القرب من السطح الخارجي للأرض، فينخفض الضغط الحابس وتزول القوى والضغط الخارجية الكبيرة، وتعمل القوى الداخلية في إعادة الصخور لشكلها وحجمها الأصليين مع تشكّل شقوق عمودية على اتجاه إزالة الثقل تُراوح سماكاتها بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار (شكل-40).



شكل-40: صورة توضح شقوق إزالة الثقل الحمل.

- **شقوق الجمد:** وتنتشر في المناطق الجبلية الماطرة، ذات المناخ البارد، ففي تلك المناطق يتغلغل الماء المطري عبر الشقوق الصخرية، وعند انخفاض درجات الحرارة إلى الصفر أو دونه يتجمد الماء مكوناً الجمد، ويزداد تمدد حجمه إلى نحو عُشر حجمه الأصلي، وينشأ عن ذلك ضغطاً داخلية كبيرة على السطوح الخارجية للصخور تصل إلى نحو 2 طن/سم²، تسهم في توسع الشقوق الصخرية ثم تفتتها وتحطمتها (شكل-41).

شكل-41: صورة توضح آلية تشكل شقوق الجمد.

■ **شقوق قوى التبلور** : يكون تأثير وعامل قوى تبلور الأملاح من محاليلها شديد الوضوح، وذا تأثير مهم وفعال في المناطق الحارة الجافة الصحراوية التي تتناوب فيها فترات هطول الأمطار مع فترات الجفاف، كما ينتشر أيضاً في الأماكن التي توجد فيها المياه الجوفية قريبة من السطح الخارجي للأرض، حيث تعمل الخاصة الشعرية في رفع كميات ضخمة من المياه الجوفية نحو السطح، لتترسب أملاحها الذائبة في الفراغات البينية للصخر أو بين المكونات الحبيبة للصخر مكونة ضغوطاً جانبية تعمل في تفتيتها وتحطيمها، هذا ويتشابه فعل القوى الناتجة عن تبلور الأملاح من محاليلها مع فعل القوى الناجمة عن فعل الجمد من حيث تأثيرها الميكانيكي في الصخور، فبعد هطول الأمطار يتغلغل الماء المطري عبر الشقوق الصخرية متوضعا ضمن فراغاتها، وفي فترات الجفاف يبدأ جزء من هذا الماء بالصعود نحو الأعلى بالخاصة الشعرية ويتبخر عند السطح الخارجي أو بالقرب منه مسبباً أملاحه الذائبة على هيئة بلورات ملحنية نامية، تسبب ضغوطاً داخلية كبيرة كافية لتوسعة الشقوق الصخرية.

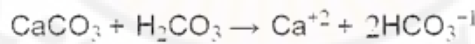
■ **الشقوق البركانية**: ومن أهم أمثلتها الفواصل السداسية الرأسية بين أعمدة الصخور البركانية البازلتية، التي تنشأ نتيجة انكماش هذه الصخور عند تبردها (شكل-42).

شكل-42: صورة للشقوق السداسية الرأسية بين أعمدة الصخور البركانية البازلتية.

- شقوق التشبّع بالماء والجفاف: تتفكك الطبقات الصخرية السطحية نتيجة تعاقب تشبّعها بمياه الهطولات المطرية ثم جفافها تحت تأثير أشعة الشمس لعدة مرات ولمدات زمنية طويلة، هذا يؤدي إلى تحولها إلى هشيم وحطام صخري، يكون تأثير عامل تعاقب التشبّع بالماء والجفاف فعالاً ومؤثراً ولا سيما في الصخور الرسوبية الطينية "الغضارية" والتي تتميز بقدرتها العالية على امتصاص كميات هائلة من الماء (شكل-43).

شكل-43: صورة تظهر شقوق الصخور الطينية والناجمة عن تناوب حالات الجفاف والرطوبة.

■ شقوق الإذابة والانهلال: تتفاوت الصخور والفلات في درجة ذوبانها وانحلالها بالماء، وتزداد قدرة الأخير على الإذابة والانهلال مع ازدياد كمية غاز ثنائي أكسيد الكربون المنحلة فيه، حيث ينتج عن ذلك تشكل حمض الكربون الضعيف الذي يتفاعل مع الصخور الكربوناتية (الصخور الكلسية) مُؤدياً إلى إذابتها وانحلالها بشكلٍ كليٍّ وفق التفاعل الآتي:



في البداية تتشكل شقوق دقيقة الأبعاد، لا تلبث أن تتوسع مع مرور الزمن نتيجة استمرار عملية الإذابة والانهلال، مُكونةً شقوقاً أكثر اتساعاً ثم فجوات صغيرة، تتوسع بدورها ثم لا تلبث أن تتصل ببعضها مكونةً المغارات والكهوف، وغالباً ما تكون هذه الكهوف مُمتلئة بالمياه جزئياً أو كلياً، وتعمل هذه المياه على توازن القوى الناتجة عن الجاذبية الأرضية على الطبقات الصخرية المتوضعة فوق الكهف، لكن عند نضوب هذه المياه نتيجة هجرتها عبر شقوق تتصل بكهوف أخرى أعمق أو سحبها وضخها من قبل البشر، ينعدم هذا التوازن مُؤدياً إلى انهيار الصخور المتوضعة أعلى الكهف، ولا سيما إذا كانت هذه الكهوف قريبة من سطح الأرض (شكل-44).

شكل-44: صورة أحد الكهوف الناتجة عن عملية انحلال وإذابة الصخور الكلسية.

6-3-2- أنواع الفوالق الأرضية: وهي عبارة عن الكسور والتخلعات والتشققات الأرضية التي تطال الصخور الرسوبية فتؤدي إلى تحرك وانزلاق نسبي للكتلتين المكسورتين على جانبي الكسر، وتتسبب الفوالق عادةً نتيجة تعرض الطبقات الصخرية لإجهادات وقوى عالية تفوق حدود متانتها، لذلك تتأثر الصخور في أغلب الحالات بتشوهات واضحة.

عناصر الفالق:

- **مראה مستوي أو سطح الفالق:** وهو السطح الذي يتم عليه انزلاق الكتل الصخرية.
- **امتداد اتجاه الفالق:** وهو الخط الناتج عن تقاطع سطح الفالق مع مستوي أفقي.
- **ميل الفالق:** وهي الزاوية المحصورة بين مستوي الفالق ومستوي أفقي.
- **جناحا الفالق:** هما الكتلتان الصخريتان الواقعتان على جانبي الفالق، ويُطلق على الكتلة المرتفعة بالجناح المرتفع أو الجدار الصاعد وعلى الكتلة المنخفضة بالجناح المنخفض أو الجدار الهابط، كما تُسمى الكتلة التي يغطيها مستوي الفالق بالجناح المستلقي. والكتلة التي تقع فوق مستوى الفالق بالجناح المعلق.
- **رمية الفالق مقدار الانزلاق:** وهي المسافة الفاصلة بين جناحي "كتلتي" الفالق.

هذا وتبعاً لطبيعة قوى الإجهاد واتجاهها ينشأ ثلاثة أنواع رئيسة من الفوالق الأرضية هي:

- a. **الفوالق العادية:** وتنشأ نتيجة قوى الشد المتباعدة "متباعدة" والتي تؤثر في الصخور باتجاهين متعاكسين، ينخفض الجناح المعلق للفالق نحو الأسفل، بينما يكون الجناح المستلقي للفالق مرتفعاً، وتراوح زاوية ميل الفالق العادي عادةً بين 40° - 60° (شكل-45).
- b. **الفوالق العكسية:** وتنشأ نتيجة قوى الضغط الناجمة عن قوى متقابلة "متقاربة"، يرتفع الجناح المعلق للفالق نحو الأعلى، بينما يكون الجناح المستلقي للفالق منخفضاً، كما تكون زوايا ميل مستوي الفالق العكسي أكبر من 60° (شكل-45ب).
- c. **الصدوع الانزلاقية:** وتنشأ نتيجة تأثير قوى مزدوجة أو متعددة الاتجاه في الصخور، وهذا يؤدي إلى طي ولى وتشوه الصخور. تُقسم الصدوع الانزلاقية إلى نوعين رئيسيين، الأول وينشأ نتيجة انزلاق الكتل الصخرية وتباعدها في اتجاه واحد أفقي أو رأسي (شكل-45ج)، بينما ينشأ النوع الثاني نتيجة فوالق انزلاقية مركبة تؤدي إلى انزلاق الكتل الصخرية وتباعدها في كلا الاتجاهين الأفقي والرأسي.

ج

ب

أ

شكل-45: شكل يوضح الأنواع المتعددة للفوالق الأرضية.

4-6- الآثار السلبية والإيجابية للشقوق والفوالق الأرضية:

ينشأ عن الشقوق الأرضية مجموعة من الآثار ذات المُنعكس السليبي أو الايجابي، يمكن إيجاز أهمها على النحو الآتي:

6-4-1- الآثار السلبية للشقوق والفوالق الأرضية:

تُسهم الشقوق والفوالق الأرضية في نشأة مجموعة من الآثار السلبية، والتي قد تكون أحياناً كارثية الأثر نذكر منها:

- هجرة المياه الجوفية من خزاناتها وأحواضها الطبيعية.
- نضوب المياه من الآبار أو العيون.
- تلوث المياه الجوفية نتيجة اختلاطها بمياه الصرف الصحي أو الزراعي.
- هجرة النفط من مصائد، أو تسريه للسطح الخارجي.
- تسرب الغاز الطبيعي ونفاذه.
- تغيير مسار المسيلات المائية.
- تنشيط كافة عمليات الانزلاقات والانهيارات والهبوطات الأرضية.
- انهيار المناجم تحت السطحية أثناء سير عمليات الإنتاج.
- تشقق المنشآت العمرانية والسكانية.
- انهيار السدود.
- تشقق الطرقات.
- انهيار الجسور.

6-4-2- الآثار الإيجابية للشقوق والفوالق الأرضية:

- للشقوق والفوالق الأرضية أهمية بالغة من الناحية الاقتصادية، فعلى سبيل المثال:
- تُساعد الشقوق والفوالق الأرضية في عمليات تقطيع الصخور والكتل الصخرية، كونها تُشكل مستويات ضعف.

- تُشكل الشقوق والفوالق الأرضية موائد ذات قيمة اقتصادية عالية، نتيجة امتلاكها وإمكانية استضافتها عدداً كبيراً من خامات المعادن الثمينة كالذهب، والفضة، والنحاس، والنيكل، والقصدير، و....
- تُسهم الفوالق الأرضية في تشكيل مصائد نفطية هامة، نتيجة تقابل طبقات صخرية مسامية حاوية على النفط مع طبقات صخرية غير نفوذة.
- كما تُسهم الفوالق الأرضية في تشكيل مصائد للغاز الطبيعي، نتيجة أيضاً تقابل طبقات صخرية مسامية حاوية على الغاز الطبيعي مع طبقات صخرية غير نفوذة.
- أيضاً تُسهم الفوالق الأرضية في تشكيل خزانات مائية مهمة، نتيجة تقابل طبقات صخرية مسامية حاوية على المياه مع طبقات صخرية غير نفوذة.

5-6- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر الشقوق والفوالق الأرضية والحد من خسائرها:

- تثبيت لافتات "شاخصات" تحذيرية تُشير إلى المواقع التي تعرضت للانزلاقات والانهييارات والهبوطات والفوالق الأرضية، لتلافي سقوط المارة فيها.
- وضع حواجز رملية أو تثبيت دعائم خشبية أو سياج معدني وكذلك لوحات تحذيرية يُمكن إضائتها ليلاً تدل على أماكن الشقوق والهبوطات الأرضية على طرق المواصلات، كي لا تقع الآليات أو الحافلات فيها، وتحويل مسارها إلى طرق فرعية بعيدة عن مواقع الفوالق والهبوطات الأرضية.
- الكشف عن الهبوطات والتجاويف الأرضية من الجهات الهندسية والفنية المعنية، ثم العمل على تغطيتها بشباك معدنية صلبة ريثما يتم ردمها بشكل كلي بالكتل الصخرية والحجارة والإسمنت.
- الكشف على كافة المنشآت العمرانية المُتشفقة، والمُتضررة من الفوالق والهبوطات الأرضية من قبل لجان هندسية مُختصة والعمل على إخلاء الأيل منها للتهاوي والسقوط من سكانها القاطنين.
- الكشف بشكل دوري على شبكتي مياه الشرب ومياه الصرف الصحي، والتأكد من سلامتهما وعدم تسرب المياه منهما، الذي يتسبب في توسع الشقوق الأرضية.

- تحليل المياه الجوفية قبل استعمالها في أغراض الشرب، للتأكد من عدم اختلاطها وتلوثها بمياه الصرف الصحي.
- الكشف بشكل مُنظم على الشقوق والفوالق الأرضية من قبل الجهات الفنية المختصة، وتسجيل كافة التطورات التي تطرأ عليها.
- توفير المياه المُستعملة بالري من خلال اتباع وسائل الري الحديثة "الري بالتنقيط" وتجنب طرائق الري القديمة "الري بالتعويم"، وإنشاء شبكة صرف زراعي جيدة العزل.





الباب الثالث

الكوارث الطبيعية سطحية المنشأ أو الكوارث ذات الأصل المناخي

الفصل السابع

- الفيضانات والسيول Floods and Run off

الفصل الثامن

- العواصف والأعاصير

- العواصف الرملية والعواصف الغبارية Sand storms and Dust storms

- العواصف الثلجية والجليدية Blizzard Ice storm and Hailstorm

- العواصف الرعدية والبرق Thunder storms and Lightning

- العواصف الإعصارية Cyclonic storms

- العواصف والأعاصير الاستوائية Tornado and Tropical storms

الفصل التاسع

- التغيرات المناخية Climate change

الفصل العاشر

- الجفاف والتصحر Drought and Desertification

الفصل الحادي عشر

- زوال الغابات Deforestation

الفصل الثاني عشر

- موجات الحرارة المتطرفة Extreme temperatures wave

الفصل الثالث عشر

- 2- ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية The melting of ice and snow deposits



7- الفصل السابع

الفيضانات والسيول

7-1- المقدمة:

تُعد الفيضانات والسيول المرافقة لها منذ الأزل واحدة من الكوارث الطبيعية التي تُشكل تهديداً مباشراً للمناطق السكانية المأهولة والتي تشهد هطولات مطرية غزيرة، أو عواصف مطرية شديدة، أو أمواجاً بحرية عاتية ناجمة عن نشاط بركاني تحت بحري أو عن هزات أرضية تحت بحرية، أو عن ذوبان للتوضعات الثلجية المتراكمة أعالي الجبال، أو عن انهيار السدود، وهذا يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه عن معدلاتها الطبيعية في المحيطات أو البحار أو البحيرات أو الأنهار، فتخرج المياه وتفيض إلى الينابيع وبكميات هائلة، فتغمر وتغطي مساحات شاسعة من الأراضي الجافة خلال فترة زمنية قصيرة. بينما يُعرف السيل على أنه شكل أو نمط تحرك مياه الأمطار الغزيرة على السطح الخارجي للأرض من المناطق المرتفعة باتجاه المناطق المنخفضة تحت تأثير قوى الجاذبية الأرضية والميل "الانحدار" العام لسطح الأرض.

يُلاحظ مما سبق أن المناطق المجاورة للمحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والسدود هي أكثر المناطق المُهددة بكوارث الفيضانات، هذا ويتباين حجم الكارثة التي تتسبب بها الفيضانات والسيول التي ترافقها أو تعقبها بشكل كبير، تبعاً لمجموعة من العوامل أهمها:

- عوامل جيولوجية للمنطقة وتتمثل بنوعية الصخور والتربة.

- عوامل طبوغرافية وتشتمل على نوع شبكة التصريف المائي الطبيعية، من حيث امتدادها وكثافتها ودرجات ميلها "انحدارها" وعرض المسيلات المائية وعمقها، الخنادق والمنعطفات النهرية.
- عوامل مناخية ويرتبط بها نوعية الهطولات المائية وغازاتها وكميتها ومدتها وقطر أو حجم قطراتها.

7-2- أسباب حدوث الفيضانات:

- هناك عدة أسباب تؤدي إلى حدوث الفيضانات والسيول يمكن تلخيص أهمها على النحو الآتي:
- يؤدي هطول كميات كبيرة من الأمطار وبمعدلات عالية استثنائية ولفترة زمنية طويلة، إلى ارتفاع مناسيب المياه في مجاري الأنهار إلى حدود تفوق طاقتها التصريفية فتخرج المياه من مجاريها محدثة الفيضانات النهرية.
 - يؤدي هبوب الرياح من المناطق ذات درجات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض عند الخطوط المدارية على سطح الأرض والناجمة عن التباين في درجات الضغط إلى تشكل العواصف والأعاصير المطرية القوية.
 - يؤدي حدوث هزات أرضية أو نشاط بركاني في قيعان المسطحات المائية كالمحيطات والبحار والبحيرات إلى تغير في مستوى ضغط الماء ودفع كميات هائلة من المياه من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط المنخفض لإعادة توازن ضغط المياه، وهذا يؤدي إلى حدوث تيارات وأمواج تحت سطح الماء تؤثر في محصلتها على مجمل حركة المياه في البحار والمحيطات، محدثة فيضانات كارثية مدمرة في مناطق محددة مقابل انخفاض مستويات المياه في مناطق أخرى من المحيطات والبحار والبحيرات.
 - تؤدي عمليات إزالة مساحات واسعة من الغابات من مناطق أعالي "منايع" الأنهار وهي تستهلك عادة كميات كبيرة من المياه، إلى زيادة كمية المياه الواردة للمجاري النهرية ثم ارتفاع مناسيب المياه في مجاريها وفيضاناتها.

- تؤدي حوادث حرائق الغابات أو اقتلاع أشجارها إلى تكشف مساحات كبيرة من الأراضي وهذا يقود إلى تفكك الغطاء التربة وانجرافه ريحياً أو مائياً، كما يعمل على إزالة بعض العوائق التي كانت تسهم في خفض سرعة جريان وتدفق المياه السطحية الجارية.
- تؤدي ظاهرة الاحتباس الحراري وما ينجم عنها من تغيرات مناخية وارتفاع معدلات درجات الحرارة إلى انصهار وذوبان كميات كبيرة من التوضعات الجليدية والثلوج المتراكمة على المرتفعات الجبلية وانتقال المياه إلى المسطحات المائية فترفع من منسوبها المائي.
- يؤدي انهيار السدود نتيجة عوامل طبيعية كالهزات الأرضية أو الانزلاقات الأرضية أو النشاط البركاني إلى تدفق كميات كبيرة من المياه التي تخترنها.

7-3- أنواع الفيضانات:

الفيضانات الخاطفة أو المباغتة أو البرقية أو الفجائية: ينشأ هذا النوع من الفيضانات نتيجة تدفق كميات هائلة من المياه في فترة قصيرة جداً من الزمن لا تتجاوز الـ 6 ساعات، نتيجة إما هطول أمطار غزيرة على منطقة محدودة وصغيرة، وغالباً ما تكون الأمطار مصحوبة بعواصف مطرية رعدية شديدة، أو نتيجة انهيار السدود المائية بصورة مفاجئة وتدفق كميات ضخمة من المياه المحجوزة خلفه بسرعة كبيرة وتكون سبباً للفيضان، يحدث هذا النوع من الفيضانات عادة في المناطق الجبلية ذات الميول الشديدة أو الصحراوية ويصاحبها أو يعقبها سيول جارفة تكون آثارها عادة مدمرة.

الفيضانات الساحلية: تحدث بسبب الأمواج الناتجة عن الرياح الشديدة، أو بسبب العواصف البحرية الشديدة والأمواج المرتفعة المرافقة لها، ويرتبط حدوثها مع العواصف والأعاصير المطرية المدارية أو مع اضطرابات في مستوى ضغط الماء للمسطحات المائية والناجمة إما عن نشاط بركاني أو عن هزات أرضية تحت بحرية والسبب الأمواج التسونامي.

فيضانات السيول الموحلة: وتنتج عن تراكم مياه الجريان السطحي على أرض زراعية، ويتم ملاحظتها غالباً عندما تصل إلى المناطق المأهولة بالسكان.

الفيضانات النهرية أو الفيضانات الإقليمية: وتحدث نتيجة انصباب وتراكم مياه الهطولات المطرية أو المياه الناتجة عن ذوبان التوضعات الجليدية في المجاري النهرية، وبصورة تفوق طاقة استيعاب

تلك المسيلات المائية أو المجاري النهرية، فإنها تفيض على جوانبها، وتنتشر على طول امتداد ضفاف الأنهار الكبيرة وتمتد عدة أسابيع، يكون ارتفاع المياه كبيراً وهذا يؤدي إلى غمر مساحات واسعة من الأراضي.

تقسم الفيضانات النهرية إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

أنواع بطيئة: تتكون نتيجة هطول الأمطار الموسمية الغزيرة بشكل مستمر، أو نتيجة الأعاصير الاستوائية، أو نتيجة ذوبان التوضعات الثلجية خلال فصلي الربيع والصيف بسرعة تتجاوز قدرة استيعاب المجاري النهرية.

أنواع سريعة: وتشتمل على الفيضانات الناجمة عن هطول الأمطار الغزيرة المصاحبة للعواصف المطرية الرعدية، أو التدفق المفاجئ للمياه المحجوزة خلف السدود.

فيضانات مناطق المصببات النهرية: وتنشأ غالباً نتيجة تعرض منطقة المصبب النهرى للفيضان من جهتين، من جهة البحر نتيجة إسهام الأمواج البحرية المرتفعة الناجمة عن الرياح العاصفة والأعاصير المدارية ومن جهة النهر نتيجة ارتفاع منسوب المياه ضمن مجراه نتيجة الهطولات المطرية الغزيرة.

فيضانات أخرى: كذلك التي تتشكل نتيجة تجمع وتراكم المياه في المناطق الحوضية المنخفضة والمغلقة، وتكون قليلة الانحدار "مبسطة" وعلى أرضية غير نفوذة، وضمن شروط مناخية تتلذني فيها درجة تبخر المياه كما لا يمكن أن تجري المياه خارجها.

7-4- إمكانية التنبؤ بحدوث فيضانات:

من الممكن التنبؤ بحدوث الفيضانات نتيجة ارتباطها الوثيق مع هطول الأمطار الغزيرة أو الأعاصير البحرية العاتية أو ذوبان التوضعات الجليدية والثلوج من أعالي القمم الجبلية في فصلي الربيع والصيف.

وللتنبؤ بحدوث فيضان يتم إتخاذ الإجراءات الآتية:

- مراجعة السجلات القديمة للفيضانات واستخدام المهارات الإحصائية لوضع مخططات بيانية توضح تكرارية حدوثه.
- مراجعة البيانات التي توضح كميات الهطولات المطرية ومناسيب المياه التي وصلت إليها أثناء الفيضان.

- استخدام طرائق وتقنيات الاستشعار عن بعد من أجل رسم خرائط يُوضح عليها امتداد الفيضانات السابقة أو المُحتمل وقوعها.
- مراقبة ورصد وتسجيل ارتفاع مناسيب مياه الأنهار بشكل دوري ومُنظم.
- مراقبة ومتابعة تطور العواصف المطرية من خلال متابعة مُعطيات محطات الأرصاد الجوية من أجل التنبؤ بحدوث عواصف مطرية.
- تحليل صور الأقمار الاصطناعية للمسيلات المائية والأنهار من قبل خبراء محطات الأرصاد الجوية بهدف قياس تغيرات منسوب المياه لتلك الأنهار وبهذه الطريقة يمكن توقع الأنهار التي سيحدث فيها فيضانات.
- مراجعة سجلات محطات الأرصاد الجوية السابقة خلال عقود من الزمن مضت، من أجل مراقبة وتحديد ارتفاع درجات الحرارة الفصلية التي تؤدي إلى ذوبان كميات كبيرة من الثلوج في المنابع النهرية وانصباب المياه إلى المجاري النهرية وتحديد طاقاتها الاستيعابية من المياه، والحدود التي تفوق طاقتها الاستيعابية.
- إجراء تحليل إجمالي لبيانات التصريف المائي والهيدروليكي ثم إجراء تطابق بينها على نموذج خاص للتنبؤ بأخطار الفيضان، ثم تحديد أزمّة الإنذار المُبكر للتنبؤ بالفيضان.

7-5- الكوارث الطبيعية المرتبطة بالفيضانات:

أوضحت الدراسات والأبحاث أن الفيضانات والسيول المُرافقة لها أودت خلال القرن الماضي بحياة ثلث عدد الضحايا البشرية من المجموع الكلي الناتج عن الكوارث الطبيعية كافة (شكل-46)، كما قدرت هذه الدراسات أن النسبة ذاتها تقريباً من الخسائر المادية في أرجاء المعمورة نتجت عن الفيضانات والسيول المُرافقة لها في القرن الماضي. ذلك يعود إلى: أن الفيضانات والسيول المُرافقة لها أكثر الكوارث الطبيعية تدميراً وفتكاً في التجمعات السكانية والحياة البشرية لعدة أسباب هي:

- تتركز وتتوزع أغلب المدن العظمى في العالم على ضفاف الأنهار أو على مقربة منها.
- تُعد مناطق الأودية وضفاف الأنهار أكثر الأماكن استقراراً للتجمعات السكانية حيث يتزوج السكان بالمياه لأغراض الشرب والأغراض المنزلية بيسر دون عناء.
- تُعد تربة مناطق الأودية وضفاف الأنهار وسهولها الفيضية أفضل التربة الصالحة للزراعة والمُحفزة للاستقرار السكاني.

- تتركز أغلب المنشآت الصناعية والمصانع حول المسيلات المائية والأنهار وروافدها، نتيجة حاجة هذه المنشآت للمياه اللازمة للعملية الصناعية.
- لذلك فإن أي فيضان سيكون له آثار كارثية على الأنشطة الاقتصادية المختلفة من زراعة وصناعة وتجمعات عمرانية سكانية. كما سيتسبب في اختلال التوازن البيئي عن طريق التأثير في مكونات النظام البيئي ككل.

شكل-46: % لعدد الضحايا الناجمة عن الأنواع المختلفة من الكوارث الطبيعية في القرن الماضي.

7-6- الآثار السلبية والإيجابية المرتبطة بالفيضانات:

7-6-1- الآثار السلبية المرتبطة بالفيضانات:

- يتباين الحجم الكارثي من دمار وضحايا ناجمة عن الفيضانات باختلاف حجم الفيضان نفسه، ويمكن تقسيم الآثار السلبية للفيضانات إلى:
- خسائر في الأرواح نتيجة الغرق أو الأوبئة والأمراض.

- نفوق عدد كبير من الحيوانات نتيجة الغرق.
- جرف أو طمر أو هدم المنازل وتشريد آلاف السكان وجعلهم بلا مأوى.
- انجراف التربة الزراعية وتعرية المناطق المنحدرة.
- التسبب في حدوث الانزلاقات الأرضية.
- إفساد المزارع والمحاصيل الزراعية.
- دمار واسع للبنى التحتية.
- انهيار العبارات والجسور.
- قطع طرق المواصلات.
- قطع شبكة الاتصالات.
- قطع شبكة الكهرباء.
- تدمير خطوط وأنابيب نقل مياه الشرب.
- تدمير شبكة مياه الصرف الصحي.
- تدمير السكك الحديدية.
- انتشار الأوبئة والأمراض نتيجة تلوث مياه الشرب.
- نقص الموارد الغذائية "بائية وحيوانية" والتسبب في حدوث المجاعات.
- القضاء على الكائنات الحية التي تعيش في مجرى النهر أو على ضفافه.

7-6-2- الآثار الإيجابية المرتبطة بالفيضانات:

- تتحصر فوائد الفيضانات النهرية في:
- تغذية خزانات المياه الجوفية "الأحواض المائية".
- إزالة النفايات من مجارى المسيلات المائية والأنهار.
- إسهام الفيضان في نشأة السهول الفيضية ذات التربة الزراعية الخصبة، التي تقوم عليها أغلب الأنشطة الزراعية والتجمعات السكانية.

7-7- أشهر الفيضانات التي شهدتها العالم:

شهد العالم عدداً كبيراً من الفيضانات والسيول التي أدت لخسائر مادية وبشرية جسيمة، تم إدراج بعض منها في (الجدول-8) الآتي:

جدول-8: أشهر الفيضانات التي شهدتها العالم.

البلد	سبب الفيضان	عدد الوفيات
1	3500 ق.م.	بلاد فارس
2	1228 م	هولندا
3	1530 م	هولندا
4	1634 م	ألمانيا-الدنمارك
5	1642 م	الصين
6	1737 م	بنغلادش
7	1787 م	شرقي الهند
8	1876 م	بنغلادش
9	1887 م	الصين
10	1887 م	الصين
11	1896 م	اليابان
12	1900 م	أمريكا-تكساس
13	1906 م	مصر
14	1911 م	الصين
15	1927 م	أمريكا

3700000	ذوبان الثلوج وفيضان نهر الأصفر	الصين	1931م	16
؟؟	أمطار غزيرة	السعودية-مكة	1934م	17
150000	فيضان نهر يانغتسي	الصين	1935م	18
1000000	فيضان النهر الأصفر	الصين	1938م	19
43000	عواصف مطرية	غواتيمالا	1949م	20
؟؟	فيضان بحر الشمال	ألمانيا-بولندا	1953م	31
33000	فيضان نهر اليانغتسي	الصين	1954م	32
2000	عواصف مطرية	إيران	1955م	33
1000	عواصف مطرية	بنغلادش	1960م	34
35	أمطار غزيرة	الأردن	1963م	35
361	أمطار غزيرة	الأردن	1966م	36
1200	عواصف مطرية	البرازيل	1967م	37
200000	عواصف مطرية	باكستان	1970م	38
100000	فيضان النهر الأحمر	فيتنام-هانوي	1971م	39
250000	عواصف مطرية	باكستان	1971م	40
1500	أمطار غزيرة	باكستان	1973م	41
30000	عواصف مطرية	بنغلادش	1974م	42
80000	فيضان نهر اليانغتسي	الصين	1975م	43
231000	انهيار سد يانكياو	الصين	1975م	44

700	عواصف مطرية	بنغلادش	1987م	45
؟؟	فيضان نهر الدانوب	النمسا	1988م	46
99	عواصف مطرية	الصين	1991م	47
312	أمطار غزيرة	بنغلادش	1995م	48
79	أمطار غزيرة	إسبانيا	1997م	49
884	أمطار غزيرة	الهند	2000م	50
800	أمطار غزيرة	موزامبيق	2000م	51
921	أمطار غزيرة	الجزائر	2001م	52
21	انهيار سد زيزون	سوريا	2002م	53
؟؟	فيضان نهر بارونكا	التشيك	2002م	54
540000	أمطار غزيرة	الصين	2003م	55
2656	عواصف مطرية	هايتي	2004م	56
240000	أمواج التسونامي	بلدان جنوب شرق آسيا	2004م	57
900	أمطار غزيرة	الهند	2004م	58
؟؟	فيضان انهار شاغات واتريا	بنغلادش	2005م	59
1200	أمطار غزيرة	الهند	2005م	60
؟؟	عواصف مطرية	أمريكا-فلوريدا	2005م	61
329	أمطار غزيرة	اليمن	2006م	62
؟؟	عواصف مطرية	رومانيا	2006م	63
؟؟	أمطار غزيرة	كينيا	2006م	64
؟؟	أمطار غزيرة	كوريا الشمالية	2006م	65
1110	أمطار غزيرة	بنغلادش	2007م	66
83	عواصف مطرية	السودان	2007م	67

68	2007م	بريطانيا	عواصف مطرية وفيضان نهري التايمز وسيفيون	9
69	2007م	موزامبيق	عواصف مطرية	29
70	2008م	الهند	أمطار غزيرة	1063
71	2008م	اليمن	أمطار غزيرة	46
72	2008م	مينا مار	أمطار غزيرة	؟؟
73	2008م	جنوب أفريقيا	أمطار غزيرة	؟؟
74	2008م	الجزائر - غرداية	أمطار غزيرة	؟؟
75	2008م	الهند	فيضان نهر كوسي	؟؟
76	2009م	الهند	أمطار غزيرة	992
77	2009م	السعودية - جدة	أمطار غزيرة	992
78	2009م	بريطانيا	فيضان نهر التايمز	؟؟
79	2009م	التشيك	فيضان نهر بارونكا	؟؟
80	2009م	أستراليا	أمطار غزيرة	؟؟
81	2009م	جورجيا	فيضان نهر تشاتاهوشي	؟؟
82	2009م	أمريكا - واشنطن	أمطار غزيرة	؟؟
83	2009م	تونس	أمطار غزيرة	؟؟
84	2010م	باكستان	فيضان نهر السند	1600
85	2010م	أفغانستان	أمطار غزيرة	؟؟
86	2011م	تايلاند	عواصف مطرية	506
87	2013م	باكستان	أمطار غزيرة	154

- 7-8- أهم إجراءات الوقاية والسلامة من مخاطر الفيضانات والسيول والحد من خسائرها:
- تُعد الفيضانات والسيول المرافقة لها من الكوارث الطبيعية التي تؤثر على عدد كبير من الدول سنوياً، محدثة عدداً كبيراً من الضحايا البشرية والخسائر المادية الفادحة نتيجة تدمير البنى التحتية لهذه الدول، ويمكن الحد وتقليل أثر الفيضانات والسيول باتباع الإجراءات الوقائية الآتية:
- جمع المعلومات الخاصة بالفيضانات والسيول السابقة وفترات تكرارها وتحليلها إحصائياً بهدف التنبؤ في حدوثها، أمر مهم للحد والتقليل من مخاطرها.
 - اعتماد أنظمة فعالة للتنبؤ بالفيضانات والسيول وربطها بأنظمة إنذار مبكر.
 - إنشاء وإقامة سواتر وحواجز ترابية على ضفاف المسيلات المائية والأنهار لحصر المياه في مجاريها.
 - تنظيف مجاري المسيلات المائية والأنهار بشكل دوري ومُنظم.
 - بناء حواجز أسمنتية مسلحة في مناطق أعالي الأودية النهرية من أجل تخفيف سرعة جريان مياه السيول والحد من أثرها التدميري.
 - إطالة المجرى المائي من خلال عمل حواجز تحويلية للمياه، لتخفيف سرعة جريان المياه.
 - إنشاء السدود والموانع والخزانات النهرية في المواقع المحتمل حدوث الفيضانات منها.
 - المحافظة على الغطاء النباتي، والتشجيع على زراعة الأشجار، وعدم اقتلاعها.
 - المحافظة على الغابات، والأحراج.
 - حراثة الأراضي الزراعية المجاورة للمسيلات المائية والأنهار بشكل يتعامد مع جهة الانحدار.
 - تحديد مساحة محددة من المجاري النهرية بحيث تُعد حرمًا للوادي، ومنع إقامة منشآت سكنية أو صناعية أو زراعية عليها.
 - تثبيت شاخصات تحذيرية وإرشادية تُحذر من الخوانق الطبيعية التي تُعد ممرات طبيعية لسير السيول الفيضانية.
 - توخي عبور أو اجتياز الخوانق والمسيلات المائية أثناء فترة الفيضان.
 - عدم السباحة ضمن المسيلات المائية أثناء فترة الفيضان.
 - بناء جدر بحرية عالية تحد من طاقة الأمواج البحرية المرتفعة وتقلل من أخطارها.
 - التحذير المسبق من حدوث فيضان من خلال وسائل الإعلام المرئية والمقروءة والمسموعة.
 - وضع التدابير الوقائية الضرورية لمواجهة أو الحد والتقليل من الآثار الكارثية للفيضانات.

- وضع خطط الإخلاء والإجلاء السريع لانتقال السكان من المناطق المنخفضة طبوغرافياً إلى الأماكن المرتفعة.
- توعية السكان بمخاطر الفيضانات والسيول، وتوضيح كيفية التعامل معها قبل وأثناء وبعد حدوثها.





8- الفصل الثامن

العواصف والأعاصير

8-1- المقدمة:

العاصفة ومجموعها عواصف، ظاهرة جوية ترتبط بحركة سريعة للرياح وتحمل معها عادة إما الرمال أو الأمطار أو الثلوج، كما تتفاوت العواصف في حجمها ومدة استمرارها. تؤثر أقل العواصف العنيفة كالعواصف الرعدية في مساحات تصل إلى نحو 25 كم²، وتستمر لبضع ساعات، بينما يمتد تأثير بعض العواصف المدارية الكبيرة على قارة بأكملها، وتدوم لأيام وأحياناً لأسابيع.

لقد أثبت باحثو الرصد الجوي وجود علاقة وثيقة بين العواصف والأعاصير مع حركة الرياح وشدتها وسرعتها، فالرياح تنشأ نتيجة تباين الضغط الجوي بين مكانين، وتنتقل من مناطق الضغط الجوي المرتفع إلى مناطق الضغط الجوي المنخفض، لذلك كان من الضروري إلقاء الضوء على مقياس بيفورت المُتدرج للرياح والمُعتمد من قبل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية، فلقد صنف ف. بوفورت (F. Beaufort) الرياح تبعاً لشدتها وسرعتها وتأثيرها في ارتفاع أمواج البحر إلى الدرجات الموضحة في (الجدول-9) الآتي:

جدول-9: درجات مقياس بيפורت المتدرج للرياح.

الدرجة	اسم الرياح		السرعة كم/سا	ارتفاع أمواج البحر	التأثيرات على اليابسة
	بالعربية	بالانكليزية			
0	هواء هادئ	Calm	1 >	يكون سطح البحر كالمرآة	
1	رياح خفيفة	Light air	7-2	0.1 > م	
2	نسيم خفيف	Light breeze	13-7	0.3-0.2 م	سماع خفيف ورق الأشجار
3	نسيم لطيف	Gentle breeze	20-13	1-0.3 م	تتحرك أوراق الشجر وترفرف الأعلام
4	نسيم معتدل	Moderate breeze	32-20	1.5-1 م	تتمايل الأغصان الصغيرة
5	نسيم منعش	Fresh breeze	41-32	2.5-2 م	تتمايل الأشجار الصغيرة
6	نسيم قوي	Strong breeze	52-41	4-3 م	تتمايل الأغصان الكبيرة
7	رياح شبه شديدة	Near gale	63-52	5.5-4 م	السير صعباً في مواجهته
8	رياح شديدة	Gale	76-63	7.5-5.5 م	يصعب السير في مواجهته
9	رياح قوية	Strong gale	89-76	10-7 م	تتطاير الألواح الخشبية
10	عاصفة	Storm	104-89	12.5-9 م	تقتلع الأشجار وتتلغ بعض المباني
11	عاصفة عنيفة	Violent storm	119-104	16-11.5 م	تلغ شديد للمباني
12	إعصار	Hurricane	119 <	14- < 16 م	دمار متباين الشدة تبعاً لسرعته

8-2- أنواع العواصف والأعاصير :

تتباين وتتنوع العواصف، تبعاً لشدتها وقوتها من جهة وكذلك تبعاً لما تنقله أو تحمله من مكونات كحبيبات الطين أو السلت أو الرمل الناعم من جهة ثانية أو ما يرافقها أو يعقبها من برق ورعد أو هطولات مطرية أو ثلجية من جهة أخرى.

- العواصف الرملية والترابية.
- العواصف المطرية الرعدية.
- العواصف الثلجية والجليدية.
- الأعاصير المدارية الاستوائية.
- الأعاصير القمعية "التورنادو".

8-2-1- العواصف الرملية والترابية:

تتكون العواصف الترابية والرملية من حبيبات التربة أو السلت أو الرمل التي تصعد لارتفاعات كبيرة بفعل الرياح العاتية والمضطربة والقوية نسبياً التي تزيد سرعتها غالباً على 20 كم/سا، وهذا يُساعد على نقل هذه الحبيبات "الجسيمات" الدقيقة لمسافات بعيدة، وتبقى هذه الجسيمات مُعلقة في الهواء طيلة الفترة التي تستمر فيها العاصفة الترابية. ويكون قطر أغلب هذه الحبيبات المُعلقة < من 16/1 ملم، فيؤدي إلى حجب الرؤية مسافة 1 كم.

تحدث العواصف الرملية والترابية عادةً في المناطق الجافة وعندما تهب الرياح القوية نسبياً فوق الأماكن المكشوفة الفسيحة ذات المساحات الشاسعة والواسعة الجافة التي يعدم فيها الغطاء النباتي أو يكون محدود الوجود نتيجة ندرة الأمطار أو بسبب ضعف النشاط الزراعي، وكذلك في المناطق الصحراوية القاحلة الجافة التي تزداد فيها قوى الحث الريحي وتتصف تربتها بوجود حبيبات رمال دقيقة وذرات تراب ناعمة سائبة غير متماسكة "مفككة". كما يحدث بعضها على امتداد السواحل أو مجاري المسيلات المائية والأنهار الجافة أو مناطق المراوح الطمئية حيث تنتشر توضعات الحطام الصخري المفكك جميع أبعاده ومقاييسه.

كما تؤدي العواصف الرملية والترابية دوراً مهماً في تعرية التربة، فهي تستطيع نقل كميات هائلة تقدر بعشرات الملايين من أطنان حبيبات الطين والملت والرمال كل عام وتنفذ بها وتوضعها على مسافات تُراوح بين مئات إلى آلاف الكيلومترات من مصدرها الأصلي في أماكن مُختلفة فوق سطح الأرض وأحياناً فوق البحر.

فالعاصفة الرملية والترابية أو ما يُطلق عليه أحياناً بالجدار الترابي ظاهرة متروولوجية شائعة تحدث في كثير من بقاع العالم الجافة الصحراوية كالجزيرة العربية ومنطقة الشرق الأوسط بشكل عام وشمال إفريقيا ووسط آسيا وأستراليا والصين والولايات المتحدة الأمريكية، يُراوح ارتفاعها بين عدة عشرات إلى عدة مئات من الأمتار، بينما يُراوح امتداد "عرضها" بين عدة عشرات إلى عدة مئات الكيلومترات، وتؤدي إلى تدني مدى الرؤية إلى بضعة أمتار وهذا يؤثر سلباً على حركة المرور والتقل.

ومن أهم أمتتها العواصف الرملية الترابية، رياح الخماسين الحارة والمُتربة، التي تهب على الأجزاء الشمالية لمصر خلال فصل الربيع آتية من الجنوب، وعندما تعبر البحر المتوسط تُعرف باسم رياح السيروكو التي تهب من شمال إفريقيا إلى جزيرة صقلية وجنوبي إيطاليا واليونان. ورياح السولانو التي تهب على المناطق الجنوبية من إسبانيا، والذي يُميز رياح السولانو والسيروكو من رياح الخماسين تشبعهما بالرطوبة نتيجة مرورهما بالمسطحات المائية. ورياح السموم في الجزيرة العربية التي تُماثل رياح الخماسين من حيث حملتها بالرمال والأتربة ودرجة حرارتها المرتفعة "42-48م° تهب في شهر آيار من جنوبي المملكة العربية السعودية حاملةً معها الرمال الناعمة من الربع الخالي لتنتقلها إلى المناطق الوسطى والشرقية من المملكة ثم تتجه إلى بادية بلاد الشام، كما تهب رياح بالوسير فوق أراضي ولايتي أيداهو ومونتانا في الولايات المتحدة الأمريكية.

8-2-1-1- آليات تشكل العواصف الرملية والترابية:

لقد تركزت الدراسات والأبحاث منذ أربعينيات القرن الماضي بهدف توضيح آلية تشكل العواصف الرملية والترابية والعوامل المساعدة على حدوثها والمتمثلة في توافر مجموعة من الشروط أهمها:

- وجود حالة عدم استقرار واضطراب جوي.

- توافر سرعة حرجة للرياح قادرة على إثارة وحمل ونقل حبيبات الطين والسلت والرمل إلى أماكن أخرى.

- توافر قطاع صخري سطحي رملي هش ومفكك.

- توافر مناطق مكشوفة واسعة مستوية قليلة التضرس.

- كما تسهم زيادة درجة العجز المائي والجفاف والتصحر التي ترتبط بشكل مباشر مع نسبة الرطوبة وكمية الهطولات المطرية في زيادة تفكك التربة وهشاشتها وتهينتها لحدوث العواصف الترابية والرملية.

فعند وصول سرعة الرياح إلى السرعة الحرجة التي تتباين بين 5-16 م/ثا تبعاً لتباين طبيعة حبيبات الطين والسلت والرمل السائدة من جهة وتباين أحجامها من جهة أخرى، تبدأ هذه الحبيبات بالاهتزاز والفقر ، وتستطيع الرياح حمل حبيبات الطين والسلت والرمل الناعمة بسهولة بينما تزحف حبيبات الرمل الخشنة على الأرض وتؤدي بزحفها هذا إلى إثارة وتطاير حبيبات الرمل الأخرى، ومن العوامل الطبيعية المساعدة في نشوء العواصف الرملية والترابية سيادة مناخ جاف غير ماطر ، إسهام الإنسان في تفكيك وتفتيت غلاف التربة عبر مجموعة من النشاطات الحياتية المختلفة.

لقد خلص العلماء إلى أن العاصفة الرملية والترابية تنشأ من تيارات الحمل الحراري التي تتولد نتيجة تسخين السطح الخارجي للأرض بأشعة الشمس، فيصبح الهواء فوق سطح الأرض حاراً وتنخفض كثافته و يصعد نحو الأعلى على هيئة تيارات حمل حرارية، وهذا يُسبب فراغاً فتندفع كتل الهواء الأبرد نسبياً من الأعلى نحو الأسفل مألثة هذا الفراغ، وذلك يؤدي أيضاً إلى إثارة حبيبات الطين والسلت "الغبار" والرمل وزحزحتها وحملها ونقلها إلى أعلى بمستوى يتناسب مع سرعة الرياح من جهة ودرجة تفكك التربة وحجم حبيباتها السائبة من جهة أخرى.

دراسات حديثة لبعض الباحثين توصلت إلى أن العواصف الترابية والرملية والتي تهب في المناطق الصحراوية ذات منشأ كهربائي، وإنها لا تنشأ بالدرجة الرئيسة نتيجة تأثير الرياح فقط، بل بسبب وجود حبيبات غبار ورمل مشحونة كهربائياً ومُتأففة الشحنة تفود إلى ظهور مجال كهربائي طبيعي شديد بين سطح الأرض والمناطق الأعلى منه.

بينما بحث فريق آخر من الباحثين في نشأة العواصف الترابية والرملية وتوصل إلى دلائل تُشير إلى أن العاصفة الرملية تنشأ بداية الأمر نتيجة هبوب رياح ضعيفة تهب فوق مناطق التربة الجافة المفككة وتؤدي إلى تصاعد جسيمات التربة والرمال الناعمة إلى الأعلى، لكن حالما تصطدم دقائق الغبار الصغيرة مع الكبيرة تكتسب الأولى (الصغيرة) إلكترونات من الثانية (الكبيرة)، وبعد فترة قصيرة من ذلك تنفصل الدقائق الصغيرة والكبيرة الموجودة في سحابة الغبار عن بعضها وبفعل الرياح تتوجه الأولى الصغيرة التي أصبحت ذات شحنة سالبة إلى الأعلى بينما تظل الدقائق الكبيرة التي أصبحت موجبة الشحنة بالقرب من سطح الأرض ومع وجود موضعين أحدهما سالب والآخر موجب يتكون حقل كهربائي مستقر تزداد شدته مع الزمن، مُؤدياً إلى ازدياد كبير في أعداد جسيمات التربة والرمال الناعمة المتطايرة.

8-2-1-2 الهطولات المطرية والعواصف الرملية والترابية:

يعقب أو يُرافق العواصف الرملية والترابية في معظم الأحيان هطولات مطرية، التي تنشأ غالباً في مقدمة المنخفض الجوي "الجبهة الدافئة" أو عقب المنخفض الجوي "الجبهة الباردة"، تكون الهطولات المطرية في بدايتها ملوثة بذرات الرمل والملت والطين ويراوح لونها بين اللون البني إلى اللون البني المحمر، حيث تقوم قطرات الماء بتفتية الجو من تلك الجزيئات والحببيات العالقة، وكلما كانت الهطولات المطرية غزيرة تم تخلص الجو من كميات أكبر من العوالق الرملية والترابية ثم يقوم المطر بدور إيجابي في تسريع نهاية العاصفة وإخمادها وتفتية الجو وتنظيف الأرض، وفي حالة عدم وجود هطولات مطرية تُرافق أو تعقب العاصفة الرملية والترابية فإن هذه العاصفة ستستمر إلى أن تنخفض سرعة الرياح إلى حد السرعة الحرجة دون تدخل مطري.

8-3-1-2 ألوان العواصف الرملية والترابية:

يتأثر لون العاصفة الرملية والترابية بعاملين رئيسيين هما:

- لون جبيبات وجسيمات الطين والملت والرمل المعلقة والمحمولة في الجو، والألوان الشائعة هي لون جبيبات الرمال، كاللون الأبيض، والأبيض المصفر، والأصفر المائل للبرتقالي، والبرتقالي، والأحمر الصدني، والبني، وأخيراً الأسود وذلك تبعاً لمصدر الرمال.

- درجة تشتت ألوان الطيف ذات الموجات الطويلة كالأحمر، الأصفر والبرتقالي بفعل جسيمات الغبار "السلت" والطين العالقة في الجو.

- وجود غيوم سابقة للعاصفة الرملية والترابية يسهم في تحويل لونها إلى اللون الأسود.

8-2-1-4- أوقات حدوث العواصف الرملية والترابية:

تحدث العواصف الرملية والترابية في أي وقت من أوقات السنة، عند توافر شروط حدوثها، إلا أنها تزداد في فصل الربيع وبداية فصل الصيف، على عد أن فصل الربيع يمثل المرحلة الانتقالية بين فصلي الشتاء والصيف وتبدل مراكز الضغط الجوي على الأرض، كما أشارت البيانات إلى أن أغلب العواصف الرملية والترابية تبدأ بعد فترة وجيزة من بلوغ درجة الحرارة أعلاها وذلك وقت العصر أو آخر النهار.

8-2-1-5- دور العواصف الرملية والترابية في تغيير حالة الطقس:

تسهم العواصف الرملية والترابية بدور كبير ومحسوس في تغيير حالة الطقس من حال إلى حال، من خلال حجب أشعة الشمس الضوئية والحرارية جزئياً أو كلياً عن سطح الأرض، وهذا يؤدي إلى انخفاض في درجات الحرارة بشكل ملحوظ. كما تقوم بدور تلقیح السحاب حيث تصبح الجزيئات المعلقة والمترتبة بمستوى السحاب نواة تتجمع حولها ذرات الماء حين تتكثف السحب. وتعد الرمال المنقولة بفعل العواصف الرملية والترابية أحد عوامل تلوث الجو.

8-2-1-6- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الرملية والترابية:

تشكل العواصف الرملية والترابية تحدياً كبيراً للإنسان إذ إنه لا يستطيع التحكم بها ولا التخفيف من حدوثها بشكل عملي كما لا يستطيع تغيير مسارها هذا يؤدي إلى تشكل مجموعة من الأضرار التي تتزايد عادة مع ازدياد حجم وسرعة العاصفة الرملية والترابية وتتوعد تلك المخاطر والأضرار ونذكر منها:

- حالة الضيق والانزعاج والاكتئاب النفسي التي تتألب الإنسان.
- تدني مدى الرؤية إلى ما دون 5م ثم توقف النقل البري وازدياد الحوادث المرورية على الطرقات وحدوث وفيات وإصابات مختلفة.

- التهاب القصبات والمجاري التنفسية ولا سيما لدى المرضى الذين يُعانون من الربو وحساسية الأنف والصدر .
- هلاك الإنسان والحيوان في الصحراء عند استمرار العواصف الرملية عدة أيام.
- توقف أغلب الرحلات الجوية أو تغيير مسارها.
- أضرار بالممتلكات العامة والخاصة.
- أضرار بالمزروعات والمحاصيل الزراعية والأشجار المثمرة كالزيتون والحمضيات في مرحلة الإزهار وتفتح الثمار ، حيث تلحق بها خسائر كبيرة.
- انجراف التربة الزراعية، بسبب التعرية والانجراف الريحي.
- تلوث الغلاف الجوي والهواء بالأتربة والجسيمات المعلقة.
- زيادة في معدلات استهلاك المياه من أجل تنظيف المنازل والسيارات والطرق.

8-1-2-7- التنبؤ المبكر بحدوث العواصف الرملية والترايبية:

التنبؤ بحدوث العواصف الرملية والترايبية ليس بالأمر الصعب أو الشائك عند توافر المُعطيات المتروولوجية "المناخية" المُتكملة ومعرفة الظروف الجغرافية المحلية المُحيطة كافةً، وتهدف عملية التنبؤ إلى محاولة توقع حدوث العاصفة الترايبية قبل وقوعها بمدة تُراوح بين عدة ساعات إلى عدة أيام، ويكون لهذا التنبؤ أهمية عالية في اتخاذ تدابير الأمن والسلامة والحيطة اللازمة من العواصف الرملية والترايبية.

8-1-2-8- طرائق الحد من مخاطر العواصف الرملية والترايبية:

لنحد من مخاطر العواصف الرملية والترايبية يتم اتخاذ الإجراءات الوقائية الآتية:

- الاطلاع على البيانات الخاصة في جميع العواصف الرملية والترايبية السابقة، بهدف معرفة مُسبباتها وأوقات حدوثها، وسرعة الرياح واتجاهاتها.
- إنشاء مصدات ريحية حول الأماكن المُراد حمايتها، إسمنتية أو من الأشجار ذات الجذوع الطويلة والمجموع الجذري العميق وذات الاحتياج المائي المُنخفض، وذلك للحد من حدة وشدة العواصف الرملية والترايبية وخفض سرعتها والتقليل من تأثيراتها الضارة.

- العمل على زراعة أنواع مُختلفة من النباتات والشجيرات الصغيرة ذات الاحتياجات المائية المُخفضة والمجموع الجذري الواسع من أجل تثبيت قطاع التربة والحد من انجرافه ريحياً.
- رش أفق التربة السطحي بالمواد القارية والمُخلفات البترولية الصلبة الناتجة عن عمليات تكرير النفط ولا سيما على جوانب طرق السفر السريعة، وذلك لتغطية الرمال وتثبيتها ومنعها من الانجراف أثناء هبوب العواصف الرملية والترابية.
- مكافحة الرعي الجائر من قبل الأغنام والماشية والجمال لنباتات الصحراء الطبيعية التي تشكل غطاءً خضرياً مهماً يعمل على تماسك حبيبات التربة وتثبيتها.

8-2-2- العواصف الثلجية والجليدية:

تُعرف العاصفة الثلجية على أنها عبارة عن العواصف التي يُرافقها تدني في درجات الحرارة وبرد شديد ورياح قوية وتساقط للثلوج تغطي مساحات كبيرة، كما يُمكن تعريفها بشكل أدق على أنها هبوب، أو تساقط كميات ضخمة من الثلوج، والمصحوبة برياح تبلغ سرعتها نحو 56 كم/س أو أكثر في الساعة، وتُصاحب هذه الرياح درجات برودة تبلغ -12م° وتحجب الرؤية لأقل من 150م، بينما تتصف العاصفة الثلجية العنيفة برياح تزيد سرعتها على 72 كم/س تصبحها درجات حرارة أقل من -12م° ويقترب مدى الرؤية من الصفر.

تنتشر العواصف الثلجية والجليدية في الأجزاء الشمالية من الولايات المتحدة، وفي شرقي وأواسط كندا، وفي أجزاء مُختلفة من روسيا، وسيبيريا ومجموعة الدول الإسكندنافية وغرينلاند.

8-2-2-1- آليات تشكل العواصف الثلجية والجليدية:

تتشأ العاصفة الثلجية والجليدية عند تلاقي كتلتين من الهواء مُختلفتين في درجة حرارتهما ونسبة رطوبتهما، فعندما تتحرك جبهة هواء باردة آتية من القطب الشمالي باتجاه المناطق المعتدلة، يدفع الهواء الثقيل البارد الهواء الخفيف الدافئ والرطب نحو الأعلى على امتداد الحد الفاصل بين الجبهتين الهوائيتين، وتُسمى هذه الحدود بحدود الجبهة الباردة، وتؤدي حركة الارتفاع هذه إلى تشكل عاصفة تَلْجِيَّة عنيفة، تصبحها رياح شمالية باردة وهطولات وهائلة من الثلج أو البرد، علماً أن أغلب العواصف الثلجية والجليدية تحدث بعد مدة طقس دافئ غير عادي في فصل الشتاء.

8-2-2-2- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الثلجية والجليدية:

تتسبب العواصف الثلجية والجليدية بمجموعة من الكوارث والأضرار يُمكن حصرها على النحو

الآتي:

- عدد من الوفيات نتيجة البرد القارس.
- نفوق عدد هائل من الحيوانات.
- أضرار فادحة على المزروعات والغطاء النباتي.
- انزلاقات أرضية وطينية.
- تحطم شبكة مياه الشرب.
- تحطم شبكة مياه الصرف الصحي والزراعي.
- تحطم شبكة الكهرباء.
- قطع شبكة الكهرباء.
- قطع شبكة الاتصالات.
- شل حركة المواصلات البرية.
- خسائر مادية هائلة ناتجة عن تحطم المباني والمركبات.
- تعطيل حركة الموانئ البحرية والجوية.

8-2-3- العواصف الرعدية والبرقية:

هي عاصفة مُمطرة تنشأ عن اضطراب شديد في الغلاف الجوي، فيها برق ورعد، أما البرق فهو الوميض الذي يحدث عندما تُفرغ قمة العاصفة شحناتها الكهربائية، وقد تنتقل الشحنات بين الغيمة نفسها أو بين الغيوم المختلفة أو بين الغيمة والأرض. ويؤدي البرق إلى رفع درجة حرارة الهواء المحيط به إلى درجة تُعادل خمسة أضعاف درجة حرارة السطح الخارجي للشمس، وهذا يجعل الهواء يتمدد بشكل كبير جداً، أما الرعد فهو الصوت الحاد المُدْمَم والمُجْلَجِل والناتج عن التمدد الفجائي العنيف الذي يحدث للهواء، تُرافق العواصف الرعدية في كثير من الأحيان سحب الحمل

وكثيراً ما يُصاحبها هطول كميات كبيرة من الأمطار وهبوب رياح عاتية، وأحياناً سقوط الثلوج أو البرد.

يتم حدوث عواصف الرعد والبرق في مناطق مُتفرقة من سطح الأرض ولا سيما في المناطق المدارية الحارة الرطبة، التي تتعرض بكثرة لتيارات الهواء الانقلابي الحار الرطب الصاعد، بينما لا تحدث في المناطق التي تتعرض للهواء البارد كما هو الحال في المناطق القطبية الباردة. تُعد عواصف الرعد والبرق آلية مُهمة في توزيع الطاقة في الغلاف الجوي حيث تأخذ الحرارة والرطوبة من طبقات الجو السفلى وتنقلها إلى طبقات الجو العليا، علماً أن مقدار الطاقة في كل عاصفة رعدية يُعادل نحو عشرة أضعاف الطاقة الناتجة عن القنبلة النووية التي تم إلقائها على مدينة هيروشيما في اليابان.

8-2-3-1- آليات تشكل العواصف الرعدية والبرقية:

لكي تتشكل العواصف الرعدية والبرقية يجب توافر تيارات هوائية مُشبعة ببخار الماء من السطح وأن يكون هناك رفع للهواء الرطب الدافئ في الغلاف الجوي، وتتمثل آليات هذا الرفع في التلال والمرتفعات الجبلية أو في الجبهات والمُنخفضات الهوائية الباردة، هذا وتمر العواصف الرعدية والبرقية خلال تشكلها في ثلاث مراحل رئيسة هي:

➤ **المرحلة الأولى:** ويُطلق عليها أيضاً مرحلة النمو، تكون التيارات الهوائية فيها صاعدة من أسفل إلى أعلى وعندما تبدأ الأمطار بالهطول تهبط بعض التيارات الهوائية من السحابة.

➤ **المرحلة الثانية:** وتتميز بصعود وهبوط واضح للتيارات الهوائية.

➤ **المرحلة الثالثة:** وتشهد بداية ضعف السحابة، وتكون الأمطار فيها غزيرة والتيارات الهابطة هي المسيطرة وهذا يؤدي إلى قطع امداداتها من التيارات الرطبة وفي أغلب الحالات تؤدي التيارات الهابطة إلى تشكل سحابة رعدية أخرى نتيجة رفعها كتلاً هوائية جديدة من السطح. لقد تم تمييز عدة أنواع مُختلفة من العواصف الرعدية والبرقية تبعاً للعوامل التي تؤدي إلى نشأتها وهي:

- تعرض الهواء المُلامس لسطح الأرض (ولا سيما في المناطق القارية شاسعة الاتساع) للحرارة الشديدة صيفاً، فيصعد الهواء الساخن الرطب إلى أعلى مُؤدياً إلى حدوث ما يُطلق عليه العواصف الرعدية والبرقية الحرارية التي يكثر حدوثها فترات بعد الظهيرة.
- تعرض الهواء المُلامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة الناتجة عن حدوث الحرائق في الغابات أو المصانع وصعود الهواء الساخن الرطب إلى أعلى ويتشكل ما يُطلق عليه العواصف الرعدية والبرقية الحرارية الصناعية.
- تعرض الهواء المُلامس لسطح الأرض للحرارة الشديدة الناتجة عن النشاط البركاني والبراكين، ويؤدي ذلك إلى تكوين العواصف الرعدية والبرقية البركانية.
- تعرض الهواء الساخن الصاعد لكُتل هوائية باردة في طبقات الجو العليا، وهذا يؤدي إلى حدوث العواصف الرعدية والبرقية الباردة، ويكثر حدوثها في فصل الشتاء.
- قد تحدث عواصف الرعد والبرق عند صعود الهواء الساخن فوق المرتفعات الجبلية، وتعرف حينئذٍ بالعواصف الرعدية والبرقية التضاريسية ويكثر حدوثها مساءً.
- قد تحدث العواصف الرعدية والبرقية عند تقابل كُتل هوائية مُتباينة الخصائص الطبيعية إحداها دافئة رطبة والأخرى جافة باردة وتُسمى في هذه الحالة باسم عواصف كُتل الجبهات الهوائية.

8-2-3-2- الكوارث والأضرار الناجمة عن العواصف الرعدية والبرقية:

- ضحايا بشرية نتيجة البرد الشديد وتراكم الثلوج أو سقوط البرد.
- فيضانات ناتجة عن الهطولات المطرية الغزيرة.
- انزلاقات أرضية وطينية.
- يتسبب البرق خلال فترة الجفاف في اشتعال الحرائق في مناطق الأعشاب والغابات.

8-2-4- الأعاصير:

هي عواصف هوائية دوارة حلزونية عنيفة، تنشأ عادةً فوق البحار الاستوائية في فصلي الصيف والخريف، وعندما تزيد سرعة الرياح على 119 كم/سا، لذلك يُطلق عليها أيضاً اسم الأعاصير

الاستوائية أو الأعاصير المدارية أو الأعاصير الحلزونية لأن الهواء البارد ذا الضغط المرتفع يدور فيها حول مركز ساكن من الهواء الدافئ ذي الضغط المنخفض، ثم تندفع هذه الأعاصير في اتجاه اليابسة فتفقد من سرعاتها نتيجة الاحتكاك مع سطح الأرض، ولكنها تظل تتحرك بسرعات قد تصل إلى أكثر من 300 كم/سا. هذا ويصل قطر الدوامة الواحدة إلى نحو 500 كم وقطر عينها إلى 40 كم. يبلغ متوسط عمر الأعاصير الحلزونية نحو 10 أيام إلا أنها ونتيجة حركتها المستمرة لا تؤثر في منطقة واحدة إلا لمدة يوم أو يومين في أغلب الأحيان، ويصاحبها تكوّن كل من السحب الطباقية والركامية إلى ارتفاع 15 كم.

لا تنشأ الأعاصير المدارية الحلزونية فوق اليابسة، بل تتكون في المحيطات والبحار وتتلاشى تدريجياً عندما تصل إلى اليابسة ولا سيما عند اصطدامها بمرتفعات جبلية، وقد تمتد داخل اليابسة لأكثر من 50 كم.

تدور الأعاصير الحلزونية "الأعاصير الاستوائية أو الأعاصير المدارية" للشمال من خط الاستواء في مناطق المحيط الأطلسي وشرق وغرب المحيط الهادي عكس عقارب الساعة بين أشهر تموز وتشرين الأول، بينما تدور للجنوب من خط الاستواء في مناطق المحيط الهندي وقرابة السواحل الأسترالية باتجاه عقارب الساعة بين أشهر تشرين الثاني وأذار.

تظهر الأعاصير الحلزونية "الأعاصير الاستوائية أو الأعاصير المدارية" في مناطق مختلفة من العالم عندما تتقابل الكتل الهوائية المدارية الاستوائية الدافئة بالكتل الهوائية القطبية الباردة، ويطلق عليها أسماء محلية متعددة تبعاً لمواقعها في الكرة الأرضية وأكثرها شهرة ما يأتي:

الهيروكين Hurricane: وتنتشر في الأجزاء الشمالية الغربية للمحيط الأطلسي وكذلك الأجزاء الشرقية من المحيط الهادي، وتهب على السواحل الشرقية للمكسيك وجنوب شرق الولايات الأمريكية بمعدل 5 مرات في السنة الواحدة (شكل-47).

التيفون Typhoon: وتنتشر في الأجزاء الغربية من المحيط الهادي، وتهب على منطقة بحر الصين بوجه عام وبمعدل عشرين مرة في السنة الواحدة (شكل-47)، وتزيد سرعة هذه الأعاصير على 150 كم/سا.

السيكلون **Cyclone**: وتنتشر في المحيط الهندي وكذلك الأجزاء الجنوبية من المحيط الهادي (شكل-47).

الويلي - ويلي **Willy-Willy**: تسمية محلية تُطلق على الأعاصير الحلزونية "الأعاصير الاستوائية أو الأعاصير المدارية" المنتشرة في أستراليا.

الباغيو **Baguio**: تسمية محلية تُطلق على الأعاصير الحلزونية "الأعاصير الاستوائية أو الأعاصير المدارية" المنتشرة في الفلبين.

التورنادو **Tornado**: وتعد أكثر الأعاصير الحلزونية تدميراً وفتكاً، وهي عبارة عن أعاصير حلزونية تدور حول ضغط شديد الانخفاض وتصل سرعتها إلى 300 كم/سا لتزيل وتدمر كل ما يعترض طريقها من معالم الحياة ومظاهر العمران، إلا أن هذا التدمير يقتصر على نطاق ضيق لا يزيد عرضه عادةً على قطر دائرة الإعصار والتي لا تزيد بشكل عام على 0.5 كم، بينما يظل كل ما حوله سليماً إلى درجة كبيرة. ومن أكثر مناطق العالم تعرضاً لأعاصير التورنادو الولايات المتحدة الأمريكية واليابان وبعض مناطق غرب إفريقيا.

شكل-47: مواقع انتشار الأعاصير الحلزونية في العالم وأسمائها المحلية.

8-2-4-1- الأجزاء الرئيسية للإعصار:

يُلاحظ عند اكتمال تشكل الإعصار أنه يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسية (شكل-48) هي:

عين الإعصار: وتمثل مركز دوران الإعصار أي الجزء المركزي من الإعصار، وهي تمثل أيضاً منطقة الضغط المنخفض التي يتجمع حولها الهواء، تمتد منطقة عين الإعصار بضعة كيلو مترات، لقد أثبتت الملاحظات الميدانية ودراسة البيانات أن الطقس ضمن منطقة عين الإعصار يكون هادئاً ويمكن رؤية السماء من الداخل صافية أو يتخللها بعض السحب الصغيرة المتفرقة.

جدار عين الإعصار: كما ويُطلق عليه أيضاً جدار الإعصار أو الجزء الأوسط من الإعصار، ويُمثل المنطقة المحيطة بعين الإعصار، وتتميز بانتشار دوامات الرياح السريعة والعنيفة ضمنها، تُعد تيارات الهواء والرياح الملتفة حول منطقة العين عاتية تقتلع كل ما يقف في طريقها.

أحزمة السحب المطرية والرعدية: وتمثل هامش الإعصار، وهي موجات من العواصف المطرية الرعدية التي تدور نحو الاتجاه الخارجي لعين الإعصار، وتمثل جزءاً من دورة التبخر والتكثيف التي تُغذي وتمد الإعصار في تيارات الهواء المشبعة ببخار الماء، تتسبب هذه السحب عادةً في هطول كميات هائلة من الأمطار والتلوج، والتي تكون مسؤولة عن تشكل الفيضانات ذات المنشأ الإعصاري.

شكل-48: الأجزاء الرئيسية للإعصار.

8-2-4-2- تصنيف الأعاصير :

تم وضع عدة تصانيف للأعاصير ، فصنفت إلى عدة أنواع تبعاً لسرعتها وكذلك حجم الأضرار والخسائر التي تُخلفها، ومن هذه التصنيفات تُورد كل من تصنيف الباحثين الأمريكيين سافير وسيمسون Saffir and Simpson وتصنيف العالم الياباني فوجيتا Fujita.

يُستعمل مقياس سفير - سيمسون للأعاصير التي تتكون في المحيط الأطلسي وشمال المحيط الهادي، بينما تستخدم المناطق الأخرى مقاييس مختلفة لتصنيف تلك العواصف والأعاصير ، والتي يُطلق عليها اسم السيكلون أو التايفون حسب المنطقة. وتبعاً لتصنيف الباحثين سافير وسيمسون تُصنف الأعاصير إلى خمس درجات كما هو موضح في (الجدول-10) الآتي:

جدول-10: تُصنف الأعاصير تبعاً للباحثين سفير وسيمسون.

درجة الإعصار	السرعة كم/سا	الضغط الجوي mph	مُعدل تكلفة الأضرار الناجمة عن الإعصار	حجم الأضرار الناجمة عن الإعصار
F1	119-153	74-95	24 مليون \$	أضرار بالأشجار والمنازل المتحركة.
F2	154-177	96-110	220 مليون \$	أضرار بالأشجار والمركبات، وقطع الطرق الساحلية
F3	178-208	111-129	1 بليون \$	اقتلاع الأشجار من جذورها، تحطم المنازل، والتحضر بالإخلاء.
F4	209-251	130-156	2.2 بليون \$	أضرار هامة، تحطيم عدد كبير من المباني ووجوب الإخلاء الجزئي.
F5	< 252	< 156	6 بليون \$	دمار شامل، إخلاء تام.

تصنيف الأعاصير تبعاً لتصنيف العالم الياباني فوجيتا، ويتألف هذا التصنيف من ست درجات كما هو موضح في (الجدول-11) الآتي:

جدول-11: تُصنف الأعاصير تبعاً للباحث فوجيتا.

درجة الإعصار	السرعة كم/سا	حجم الأضرار الناجمة عن الإعصار
F0	$118 <$	أضرار خفيفة، تحطم الهوائيات، سقوط الأغصان الصغيرة من الأشجار ودفع المنازل المتحركة خارج الطريق.
F1	180-118	أضرار متوسطة كإنتقال المنازل المتحركة رأساً على عقب واقتلاع الأشجار.
F2	253-181	أضرار مهمة، تحطيم العديد من المباني واقتلاع أسطحها.
F3	332-254	أضرار مهمة جداً، تحطم جدران المباني، وتطاير الشظايا ذات الأحجام الكبيرة.
F4	419-333	أضرار خطيرة، اقتلاع الأشجار الضخمة من جذورها، تحطم المباني القوية، وتطاير الأشياء التي يصل وزنها 100 كغ في الهواء.
F5	512-420	أضرار خطيرة جداً، اقتلاع المباني بشكل كلي من الأرض، ويقذف بالسيارات كالحجارة لمئات الأمتار.

شكل-48: النسبة المئوية للأعاصير التي شهدها العالم بين عامي 1950-2012م تبعاً لقوتها حسب تصنيف فوجيتا.

8-2-4-3- تسمية الأعاصير المدارية الاستوائية الحلزونية:

في أمريكا وحتى بداية منتصف القرن الماضي أطلق الناس على الأعاصير أسماء القديسين. خلال الحرب العالمية الثانية فقد أطلقت أسماء الإناث على الأعاصير من قبل القوات البحرية الأمريكية التي أسندت لها مهمة مراقبة الأعاصير في المحيط الهادي، و من المرجح أن هذه الأسماء كانت تعود لأسماء زوجاتهم أو صديقاتهم. وفي الفترة بين 1950-1952م تم تعريف الأعاصير شمالي المحيط الأطلسي وفقاً للحروف الأبجدية مثل: ألبرتو، بيكر، شارلي، ... في عام 1953م بدأ ديوان الأرصاد الجوية الأمريكية بإطلاق أسماء إناث فقط على الأعاصير. وفي عام 1978م ولسهولة التعرف على الأعاصير ومتابعتها تم إدخال أسماء الذكور على تسمية الأعاصير حيث اعتمدت منظمة الأرصاد الجوية قائمة لأسماء ذكور وإناث بالتناوب، تم توزيعها على شكل 6 دورات لمدة 6 سنوات ، وكل دورة تحمل 21 اسماً

مرتباً بالأبجدية مع استثناء الحروف Q,U,X,Y,Z بسبب عدم وجود أسماء تبدأ بهذه الحروف، وإذا انتهت هذه الدورات الست فإنه يتم البدء من جديد من الدورة الأولى وهكذا. يُوضح الجدول الآتي (جدول-12) قائمة بأسماء الأعاصير المدارية "الاستوائية" المُعتمدة من قبل مُنظمة الأرصاد الجوية قائمة للأسماء لست سنوات مُتتالية.

جدول-12: أسماء الأعاصير المُقترحة للسنوات بين عامي 2015-2020م.

2020	2019	2018	2017	2016	2015
Arthur	Andrea	Alberto	Arlene	Alex	Ana
Bertha	Barry	Beryl	Bret	Bonnie	Bill
Cristobal	Chantal	Chris	Cindy	Colin	Claudette
Dolly	Dorian	Debby	Don	Danielle	Danny
Edouard	Erin	Ernesto	Emily	Earl	Erika
Fay	Fernand	Florence	Franklin	Fiona	Fred
Gonzalo	Gabrielle	Gordon	Gert	Gaston	Grace
Hanna	Humberto	Helene	Harvey	Hermine	Henri
Isaias	Imelda	Isaac	Irma	Ian	Ida
Josephine	Jerry	Joyce	Jose	Julia	Joaquin
Kyle	Karen	Kirk	Katia	Karl	Kate
Laura	Lorenzo	Leslie	Lee	Lisa	Larry
Marco	Melissa	Michael	Maria	Matthew	Mindy
Nana	Nestor	Nadine	Nate	Nicole	Nicholas
Omar	Olga	Oscar	Ophelia	Otto	Odette
Paulette	Pablo	Patty	Philippe	Paula	Peter
Rene	Rebekah	Rafael	Rina	Richard	Rose
Sally	Sebastien	Sara	Sean	Shary	Sam
Teddy	Tanya	Tony	Tammy	Tobias	Teresa
Vicky	Van	Valerie	Vince	Virginie	Victor
Wilfred	Wendy	William	Whitney	Walter	Wanda

إذا كان الإعصار مُدمراً لدرجة كبيرة وكان عدد الوفيات التي سببها عالياً والخسائر المادية فادحة، سُمي هذا الإعصار اسماً مشؤوماً ويتم حذفه من قائمة الأسماء ويتم استبداله باسم آخر من الجنس نفسه والحرف المحذوف نفسه للحفاظ على التسلسل الأبجدي المُدرج في هذه القائمة، ومن أسماء الأعاصير التي أُلغيت على سبيل المثال: (كاميلي 1969) و (أندو 1992م).

تجدر الإشارة هنا إلى أن أعاصير المحيط الهادي والمحيط الهندي التي يتجاوز عددها في السنة مئة إعصار، يُطلق عليها أسماء محلية مُختلفة.

8-2-4-4- مراحل تكون الأعاصير المدارية الاستوائية "الحلزونية":

يبدأ تكون الإعصار المداري الاستوائي الحلزوني Hurricane فوق المياه الاستوائية الدافئة غالباً على هيئة مُنخفض مداري استوائي tropical depression ثم عاصفة مدارية استوائية Tropical storm. ويُمكن تقسيم مراحل تكون وتشكل الأعاصير الاستوائية أو الأعاصير المدارية أو الأعاصير الحلزونية بالمراحل المُتتالية الآتية:

- عندما تسخن الطبقة السطحية من مياه المحيطات المدارية الاستوائية إلى درجة حرارة تُراوح بين 27-30م° ولعمق لا يقل عن 50م، فإنها تعمل على تسخين طبقة الهواء المُلاصقة لها، مُؤديةً إنتاج كميات هائلة من الهواء الدافئ الرطب فوق سطحها (شكل-1.49).
- يتصاعد الهواء الدافئ الرطب نتيجة انخفاض ضغطه وتمدده بسرعة، مُبتعداً عن سطح المحيط نحو الأعلى، ويكون منطقة ضغط مُنخفض تتجذب إليها الرياح من مناطق الضغط المُرتفع المُحيطة فتهب عليها الرياح من كل اتجاه وهذا يؤدي إلى تبخر الماء بكثرة وارتفاع هذا البخار الخفيف إلى أعلى وسط الهواء البارد فتحمله الرياح وتدفعه ببطء نحو الأعلى في عملية ركم مُستمرة تؤدي إلى زيادة رفعه نحو الأعلى وتزداد عملية شحنه في بخار الماء، ويتكرر هذه العملية تبدأ السحب الرطبة في التكتيف والتبريد فتتكون منها قطرات الماء شديدة البرودة على شكل حبيبات وبلورات الثلج وبمجرد توقف عملية الركم يبدأ المطر في الهطول

وقد يُصاحب هذا الهطول عواصف رعدية وبرق وسيول جارفة علاوة على سقوط كل من البرد والتَّلج (شكل-2،49).

- ينتج عن عملية التكاثف هذه تسارع صعود الهواء الدافئ نحو الأعلى مُختَرَقاً السحب الرعدية المطيرة، كما أن عملية التكاثف هذه من شأنها إطلاق ما يُسمى الطاقة التكتافية الكامنة على هيئة حرارة تُسهم بدورها أيضاً في تدفئة الهواء في طبقات الجو العليا، والتي تُسهم في انخفاض ضغط الهواء أكثر وهذا يُؤدي إلى هطول المزيد من الأمطار، ومع استمرار هذه المرحلة يستمر سحب وارتفاع الهواء الدافئ نحو الأعلى ويتم استبداله بهواء جديد صاعد من طبقات الجو السفلى والقريبة من سطح المحيط، وهذا يُسهم في هطول المزيد من الأمطار ومع تكرار تلك العمليات يزداد حجم منطقة الضغط المنخفض فوق المُحيطات المدارية والاستوائية ويزداد حجمها وحصرها بين مناطق باردة ذات ضغط مُرتفع تزداد إمكانية تشكل السحب ويزداد شحنها في بخار الماء (شكل-3،49).

شكل-49: المراحل الثلاثة الأولى لتكون وتشكل الأعاصير الاستوائية المدارية الحلزونية.

- ينشأ عن استمرار انطلاق الحرارة فوق سطح المحيطات الاستوائية المدارية منطقة ضغط منخفض سطحية، تتجمع فيها كميات إضافية من الهواء الدافئ الرطب المتدفق من المحيط الخارجي (شكل-4،50).
- تؤدي حركة الرياح المستمرة إلى تجمع كميات ضخمة وهائلة من الهواء الدافئ الرطب ورفعها نحو طبقات الجو العليا (شكل-5،50).
- يؤدي صعود الهواء الدافئ الرطب إلى تحريض وتجميع الهواء المحيط في الجزء المركزي المتنامي للعاصفة، والتي تبدأ بالدوران تحت تأثير دوران الأرض (شكل-6،50).

شكل-50: المراحل الثلاثة الثانية لتكون وتشكل الأعاصير الاستوائية المدارية الحلزونية.

- تستمر المرحلة الأخيرة وهذا يؤدي إلى زيادة قوة العواصف الاستوائية المدارية والبدء في تمايزها، حيث تتشكل منطقة هادئة منخفضة الضغط، يطلق عليها عين العاصفة (شكل-7،51).

- بينما تُحيط في منطقة عين العاصفة حلقات من السحب والرياح السريعة يُطلق عليها جدار العين (شكل-8،51)، ومع ازدياد التمايز والتنظيم تتحول العاصفة إلى إعصار.
- يعمل نطاق الستراتوسفير "الغلاف الطبقي" من الغلاف الجوي، على إيقاف استمرار ومتابعة صعود تيارات الهواء الصاعد الدافئ الذي فقد معظم رطوبته نحو الأعلى، وهذا يؤدي إلى عودة جزء منه إلى منطقة عين الإعصار (شكل-9،51) أو بين أحزمة السحب (شكل-9،51)، بينما يتحرك الهواء الجاف المتبقي في حركة لولبية مُتعدداً عن مركز الإعصار ويهبط نحو الأسفل (شكل-10،51).

شكل-51: المراحل الأخيرة لتكون وتشكل الأعاصير الاستوائية المدارية الحلزونية.

8-2-5- الأعاصير القمعية "التورنادو" Tornado:

وتُعد أعنف أنواع العواصف، وهي عبارة عن مُنخفضات جوية صغيرة جداً تسير أحياناً بمجموعات لا يزيد قطر الواحدة منها على الـ 300م، وتنتقل بسرعة كبيرة على شكل دوامة من الغيوم تشبه القمع، وتمتد من سطح الأرض إلى ارتفاع عدة كيلومترات يصحبها الرعد والبرق والأمطار الغزيرة

أحياناً، وتبلغ سرعة الرياح المصاحبة لهذا النوع من الأعاصير 400 كم/سا، وتتميز بوجود تيارات صاعدة قوية تندفع من مركزها إلى الأعلى وهذا يُعطيها طاقة هائلة كافية لتدمير وتحطيم كل ما يعترض طريقها.

هذا ويمكن أن تتكون الأعاصير القمعية "التورنادو" في أي مكان تحدث فيه عواصف رعدية حتى فوق اليابسة، ويكثر حدوثها في الولايات المتحدة ولا سيما في أودية أنهار المسيسيبي وأوهايو والمسوري الأدنى، كما تحدث أيضاً في ولايات خليج المكسيك وفي السهول العظمى وذلك عند النقاء كتل الهواء الحارة الرطبة القادمة من خليج المكسيك مع كتل الهواء الباردة الجافة الآتية من الأجزاء الشمالية، ومُعظمها يحدث في فصل الربيع وبداية فصل الصيف حيث تبلغ التباينات في درجات الحرارة والرطوبة أقصاها في الكتل الهوائية على طول الجبهات الباردة. أما خارج القارة الأمريكية، فيقل حدوث التورنادو وقد سجل حدوث بعضها في كل من اليابان وأستراليا ونيوزيلندا وغرب إفريقيا ويُطلق عليها في المنطقة الأخيرة التورنادو الأفريقية، وهي تهب على ساحل السنغال وغينيا غربي إفريقيا وتنتج نتيجة النقاء كتلة الهواء الموسمية الحارة الرطبة مع كتلة الهواء الجافة القادمة من الصحراء الإفريقية.

8-2-5-1- مراحل تكون الأعاصير القمعية "التورنادو" Tornado:

تقسم مراحل تكون الأعاصير القمعية "التورنادو" إلى ثلاث مراحل رئيسة موصحة في (الشكل-52) وهي:

- أ- تتكون تيارات هوائية صاعدة وتيارات هوائية هابطة داخل الغيوم التراكمية، حيث يتقابل الهواء الساخن الرطب مع الهواء البارد الجاف.
- ب- تسبب حركة الرياح خلال الغيوم في دوران الهواء بسرعة أكبر وأكبر.
- ت- يتكون قمع من الهواء المتحرك ويهبط من قاعدة الغيمة باتجاه سطح الأرض.

ت	ب	أ
---	---	---

شكل-52: مراحل تكوّن وتشكل الأعاصير القمعية التورنادو.

8-3- الأضرار والفوائد الناجمة عن الأعاصير:

تسبب الأعاصير في عدد كبير من الكوارث والمخاطر والأضرار تتجم عنها بشكل مباشر أو غير مباشر، نذكر منها هنا:

- بعض الخسائر البشرية بين وفيات أو إصابات مختلفة.
- نفوق الحيوانات.
- احتراق الغابات والبراري.
- اقتلاع كم هائل من الأشجار.
- تشكل الفيضانات.
- الانزلاقات الطينية والانهييارات الأرضية.
- انجراف التربة الزراعية ولا سيما على امتداد المنحدرات.
- تلف كبير وهائل للمحاصيل الزراعية.
- أضرار في الملاحة الجوية.
- أضرار في الملاحة البحرية.

- أضرار للمنشآت العمرانية والسكنية.
 - أضرار مادية جسيمة ناجمة عن الأضرار في البنى التحتية.
 - تشرد عدد هائل من السكان وجعلهم بلا مأوى.
 - تلوث المياه الجوفية ومياه الشرب، بمياه الفيضانات.
 - انتشار الأمراض والأوبئة نتيجة تلوث مياه الشرب.
 - تحطم شبكة الاتصالات.
 - تحطم شبكة الكهرباء.
 - تحطم شبكات نقل الغاز.
- رغم الأضرار الجسيمة التي تنشأ عن الأعاصير، إلا أن لها بعض الفوائد المهمة على نطاق الكرة الأرضية ككل، وهي:
- تسهم الأعاصير في نقل الحرارة والطاقة من المناطق الاستوائية إلى المناطق المعتدلة، وهذا يجعلها جزءاً مهماً من آلية الدوران في الغلاف الجوي.
 - تساعد في المحافظة على توازن طبقة التروبوسفير من الغلاف الجوي.
 - تسهم في الحفاظ على درجة حرارة مستقرة نسبياً ودافئة في جميع أنحاء العالم.

8-4- التنبؤ بحدوث العواصف والأعاصير :

نتيجة التقدم العلمي والتطور التقني أصبح من الممكن التنبؤ بالعواصف والأعاصير قبل وقت محدد من حدوثها، لكن على الرغم من ذلك لا يمكن الحيلولة دون وقوعها، وكل ما يمكن للإنسان فعله عندئذ هو اتخاذ إجراءات الإجملاء الآمنة والسريعة للسكان عن المناطق المتوقع أن تضربها العواصف والأعاصير، ونقلهم إلى مخيمات ومراكز الإيواء الآمنة حتى مرور أو تخامد وتلاشي العواصف والأعاصير لتبدأ بعد ذلك مرحلة إعادة الحياة لطبيعتها مرة أخرى من جديد.

هذا ويقدر متوسط الوقت بين التحذير للإعصار ووقت وصول العاصفة بنحو ربع الساعة، والتحذير هنا يعني بالعادة أن الإعصار قد تمت مشاهدته.

يعتمد العلماء للتنبؤ في حدوث العواصف والأعاصير على تحليل مُعطيات وبيانات منظومة أقمار الرصد المناخي الاصطناعية، وهناك نوعان رئيسان من هذه المنظومات هما:

- منظومة أقمار المدارات القطبية: تتمركز أقمارها على ارتفاعات مُتفاوتة عن سطح الأرض الخارجي، وتدور من الشمال إلى الجنوب، مُعامدةً بحركتها على المدار الاستوائي للأرض (شكل-53).

شكل-53: منظومة أقمار المدارات القطبية.

- منظومة الأقمار الاصطناعية الثابتة جغرافياً: تتمركز أقمارها على مدار ارتفاعه ثابت ويُقدر بـ 36000 كم، وتستغرق دورة القمر الصناعي الثابت على مداره الوقت ذاته التي تستغرقه الأرض في الدوران حول نفسها، وعليه يبدو القمر ظاهرياً وكأنه مُمرّكز فوق نقطة مُحددة من سطح الأرض "ثابتاً" (شكل-54).

يتم إرسال بيانات منظومة أقمار الرصد المناخي الاصطناعية كفروقات درجات الضغط الجوي، وتباينات درجة الحرارة، وسماكة السحب وكثافتها، ورصد اتجاه مسار حركتها، ومُعطيات سرعة الرياح والسحاب، وتحديد حجم ومسار حركة وتقل الجبهات والكتل الهوائية، إلى محطات الرصد

المناخي الأرضية، التي تعمل على تحليلها ومعالجتها ثم إن كان هناك توقع لتشكل عاصفة عنيفة أو إعصار مُدمر، تعمل على إعلام الجهات الحكومية المعنية لنشر الإنذارات التحذيرية في كافة وسائل الإعلام وجهات التواصل المُتاحة.

شكل-54: منظومة الأقمار الاصطناعية الثابتة جغرافياً.

8-5- أشهر الأعاصير المُدمرة التي شهدها العالم:

شهد العالم عدداً كبيراً من الأعاصير المُدمرة التي أدت إلى خسائر مادية وبشرية جسيمة، تم إدراج بعض منها في (الجدول-13) الآتي:

جدول-13: أشهر الأعاصير المُدمرة التي شهدها العالم.

اسم الإعصار	السنة	البلد	عدد الوفيات
1	1722م	ولاية نيو أورليانز الأمريكية	؟؟
2	1864م	كالكوٲا-الهند	50000
3	1876م	باكاجار-الهند	20000

300000	الصين	1881م	؟؟	4
10000	بومبي-الهند	1883م	؟؟	5
30000	الهند الصينية	1888م	؟؟	6
؟؟	استراليا	1899م	بائرسيت باي	7
6000	ولاية تكساس-أمريكا	1900م	؟؟	8
689	ولايات ميسوري، ألينوني، أنديانا - أمريكا	1925م	؟؟	9
؟؟	ولاية فلوريدا - أمريكا	1926م	؟؟	10
2100	ولاية فلوريدا - أمريكا ويورتوريكو	1928م	؟؟	11
400	ولاية فلوريدا - أمريكا	1935م	؟؟	12
600	ولاية فلوريدا - أمريكا	1938م	؟؟	13
40000	بنغلادش	1943م	؟؟	14
184	ولاية كارولينا الشمالية ونيو إنغلاند	1955م	؟؟	15
558	ولايات لويزيانا والميسيبي، وتكساس الأمريكية	1957م	ديبي	16
14000	بنغلادش	1960م	؟؟	17
؟؟	ولاية فلوريدا - أمريكا	1960م	دونا	18
؟؟	شمال غرب المحيط الهادي	1961م	نانسي	19

2300	فلوريدا، وهايتي وكوبا وجمهورية الدومينيكان	1963م	جيني	20
22000	بنغلادش	1963م	؟؟	31
7200	البحر الكاريبي	1963م	؟؟	32
76	جزر البهاما وفلوريدا الجنوبية ولوزيانا	1965م	؟؟	33
13000	بنغلادش	1965م	؟؟	34
25000	بنغلادش	1965م	؟؟	35
58	جزر الكاريبي والمكسيك وولاية تكساس الأمريكية	1967م	بولاه	36
256	ولاية المسيسيبي ولوزيانا الأمريكيتان	1969م	كاميلا	37
500000	بنغلادش	1970م	؟؟	38
122	امتد من ولاية فلوريدا إلى ولاية نيويورك	1972م	أنيس	39
؟؟	استراليا	1974م	تريسي	40
8000	جزر الهندوراس	1974م	فيفي	41
22000	الهند	1977م		42
؟؟	جزيرة الدومينيكا في البحر الكاريبي	1979م	ديفيد ولفريدريك	43

44	تَب	1979م	شمال غرب المحيط الهادي	؟؟
45	ديفيد	1979م	جمهورية الدومينيكان	1200
46	ألن	1980م	جزيرة الدومينيكا في البحر الكاريبي	؟؟
47	فورست	1983م	شمال غرب المحيط الهادي	؟؟
48	أليسا	1983م	ولاية تكساس-أمريكا	21
49	؟؟	1985م	وسط فيتنام	875
50	؟؟	1986م	بوليفيا	25000
51	جنيبيرت	1988م	جزر الهند الغربية والمكسيك	300
52	كالهاك	1988م	جامايكا والولايات المتحدة الأمريكية والمكسيك	350
53	هوغو	1989م	جزر الهند الغربية وجنوب غرب أمريكا	60
54	أوديل	1989م	شبه جزيرة باجا كاليفورنيا المكسيكية	؟؟
55	؟؟	1991م	بنغلادش	131
56	أندرو	1992م	جزر "أنباهاما"، وولاية "فلوريدا" ولويزيانا الأمريكية	52

600	فيتنام	1997م	ليندا	57
2000	ولاية غوغارات - غربي الهند	1998م	؟؟	58
11000	في أمريكا الوسطى	1998م	ميتش	59
9600	مقاطعة أوريسا بشرقى الهند	1999م	؟؟	60
19	ولاية جورجيا - أمريكا	2000م	؟؟	61
؟؟	كوبا	2003م	ميشال	62
10000	خليج المكسيك	2005م	كاترينا	63
195	ولاية لويزيانا وتكساس الأمريكيان	2008م	غوستاف	64
؟؟	ولاية نورث كارولينا الأمريكية	2011م	إيرين	65
1819	عدد من الولايات الأمريكية	2012م	أيزاك	66
18	أوكلاهوما - أمريكا	2013م	أندريا	67
؟؟	ألاباما - أمريكا	2014م	عمر	68
؟؟	خليج المكسيك	2015م	إيريك	69
؟؟	ولاية تكساس وأوكلاهوما الأمريكيتان	2015م	هينري	70

9- الفصل التاسع

التغيرات المناخية

9-1 - المقدمة:

بدايةً لا بد من التمييز بين تعريفي الطقس والمناخ، فالغلاف الجوي الغازي لكوكب الأرض يُمثل نظاماً حرارياً حركياً تيرموديناميكياً، تنتقل فيه الطاقة الحرارية نتيجة حركة الهواء والرياح من مكان إلى آخر داخل هذا النظام وتؤدي إلى تغيرات مناخية بعضها قصيرة الأمد يُطلق عليها مُصطلح الطقس، وبعضها الآخر طويلة الأمد ويُطلق عليها مُصطلح المناخ.

يهتم الطقس في التعرف على حالة الغلاف الجوي من خلال تحديد مُعدلات عوامل الحالة الجوية كدرجة الحرارة والأمطار والضغط الجوي والرياح ... الخ، في مكان ما خلال فترات قصيرة من الزمن تُراوح بين بضعة ساعات وتمتد إلى بضعة شهور، فقد يتبدل الطقس بين ساعة وأخرى أو من يوم إلى آخر أو من فصل إلى فصل آخر في المكان نفسه، بينما يهتم المناخ في التعرف على حالة الغلاف الجوي من خلال تحديد مُعدلات عوامل الحالة الجوية كدرجة الحرارة والأمطار والضغط الجوي والرياح ... الخ، في مكان ما خلال فترات طويلة من الزمن تُراوح بين عدة عقود إلى عدة قرون من السنين.

لذلك تُعد حالات المناخ مُحصلة وتراكم لحالات الطقس قصيرة الأمد، فحالة المناخ حالة شمولية للنظام التيرموديناميكي للغلاف الجوي تتم خلال فترات طويلة من الزمن في مكان معين وقد تشمل

منطقة معينة أو دولة محددة أو إقليم مناخي أو قارة أو قد تشمل الكرة الأرضية بأكملها، بحيث يُمكن تصنيف مناخها، أنه على سبيل المثال: متوسطي أو استوائي أو صحراوي أو شبه صحراوي أو غير ذلك (شكل-55)، هذا ويُمكن تحديد النمط العام للمناخ من خلال معرفة كمية الطاقة المُحتجزة في الغلاف الجوي للأرض والتي تُعادل الفارق بين كمية الطاقة التي ترد من الشمس إلى كوكب الأرض والطاقة التي تعكسها الأرض إلى الغلاف الجوي الخارجي المحيط بالأرض.

شكل-55: خارطة توزع المناطق المناخية في العالم.

ولدراسة التغيرات المناخية يهتم خبراء الأرصاد الجوية عادةً في رصد وتسجيل تغيرات عوامل الحالة الجوية: كدرجات الحرارة، ونمط الرياح والهطولات المطرية، والهطولات الثلجية والضغط الجوي، والسطوع الشمسي، والرطوبة والعديد من العوامل الأخرى. هذا وتتسبب التغيرات المناخية في تفاقم وزيادة حدة ووتيرة تشكل الكوارث الطبيعية المناخية الخطيرة كالفيضانات، والأعاصير، والجفاف والتصحر، وحرائق الغابات، وما ينتج عن هذه الكوارث من ضحايا بشرية فادحة وخسائر مادية جسيمة ولا سيما في المناطق النامية الفقيرة بالعالم والتي تفتقد

في الكثير من الأحيان لمحطات الرصد المُبكر والإنذار لحدوث مثل هذه الكوارث، كما تفتقد لإمكانية الحد أو التقليل من مخاطرها.

9-2- تعريف التغير المناخي:

يمكن تعريف التغير المناخي على أنه الاختلال أو التغير الكبير المؤثر والملموس في العوامل المناخية المعتادة التي تضم درجات الحرارة أو نمط الرياح أو معدلات الهطولات المطرية أو معدلات الهطولات الثلجية التي تُميز منطقة مُحددة على الأرض، مقارنة مع المعدلات المرجعية التي ميزت مناخ هذه المنطقة خلال فترة زمنية طويلة، أي بمعنى آخر التغير المؤثر طويل المدى في معدلات حالة الطقس في منطقة مُحددة ما من مناطق الكرة الأرضية، والناجم عن أسباب طبيعية أو بشرية، ويؤثر سلباً على المحيط الحيوي كما ويؤدي لوقوع كوارث طبيعية مدمرة..

9-3- أسباب التغيرات المناخية:

تتنوع الأسباب التي تؤدي إلى التغيرات المناخية، فمنها أسباب طبيعية تنشأ عن قوى خارجية أو داخلية، ومنها أسباب غير طبيعية تنشأ عن نشاطات الإنسان المُختلفة، وتؤدي هذه الأسباب مُجتمعة لحدوث ما يُعرف بالتغيرات المناخية.

- تباين مُعدل الأشعة الشمسية الواردة إلى سطح الكرة الأرضية: تُعد الشمس مصدر الطاقة الرئيس للأرض والذي يزودها بالحرارة والطاقة اللازمة لاستمرار الحياة، فدون هذه الطاقة الشمسية تتحول الأرض لكوكب بارد ذي درجة حرارة مُخفضة وتنعهد سبل الحياة فيه، كما أن كوكب الأرض يدور في فضاء مُنخفض الحرارة ذي درجة حرارة تقدر بنحو -70°C تحت الصفر.

يتأثر المناخ بمقدار حرارة الشمس الواردة إلى سطح الأرض، فمحور الأرض المُمتد بين القطبين الشمالي والجنوبي مائل وتتناوب زاوية ميله بين $22.1-24.5$ درجة، وهذا ما يسبب تشكل فصول السنة وتعاقبها، ونتيجة ميل الأرض بالنسبة للشمس تتلقى المناطق الأقرب إلى القطبين مقادير مُختلفة من أشعة الشمس بحيث يكون الشتاء بارداً ومظلماً بينما يكون الصيف

حاراً ومُشرقاً، بينما تتلقى منطقة خط الاستواء المقدار نفسه من الحرارة طوال السنة ولهذا السبب لا تختلف درجات الحرارة كثيراً بين فصول السنة، أيضاً نتيجة التباين الشاسع في كمية وشدة الأشعة الواردة إلى بعض المناطق من الأرض ينشأ تباين واضح في كمية الهطولات المطرية والتلجية، وسرعة الرياح، والضغط الجوي، والسطوع الشمسي والإضاءة وتباين طول الليل والنهار، ودرجات الحرارة والرياح.....إلخ.

- **ظاهرة البقع الشمسية:** تحدث كل أحد عشر عاماً تقريباً نتيجة اضطراب المجال المغناطيسي للشمس، وهذا يؤدي إلى زيادة الطاقة الحرارية للإشعاع الصادر منها، هذا وتؤثر البقع الشمسية أو البقع الداكنة المنتشرة على سطح الشمس في مناخ الأرض، ففي الفترة الواقعة بين القرنين السابع عشر والثامن عشر ميلادي كانت هذه البقع الشمسية غائبة بالكامل وتزامن ذلك مع حقبة جليدية قصيرة أو باردة نوعاً ما على امتداد القارة الأوروبية.

- **النشاط البركاني والبراكين:** يُمكن للانفجارات البركانية الكبيرة أن تؤثر على المناخ العالمي ولكن على مدى بضع سنوات فقط، كما يُمكن للرماد البركاني والمقذوفات البركانية الأخرى والمُنبعثة من الفوهات البركانية النشطة وبكميات هائلة إلى الغلاف الجوي أن تسهم في إحداث تغيرات مناخية كانهخفاض درجات الحرارة، حيث يحجب الرماد البركاني أشعة الشمس الواردة وعلى النقيض من ذلك يؤدي انبعاث غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 إلى رفع درجات الحرارة، بالإضافة إلى حرائق الغابات الناتجة عن المقذوفات البركانية المتلتهبة التي تحتاج إلى عقود لإعادة تأهيلها.

- **تلوث الهواء:** نتيجة انبعاث كميات هائلة من الغازات الدفيئة من مصادر طبيعية أو الأنشطة البشرية، وهذا يؤدي إلى حدوث تغير كبير في خصائص وحجم عناصر الهواء، ومن أهم هذه الغازات ثنائي أكسيد الكربون CO_2 ، وأكاسيد الآزوت NO_x ، وثنائي أكسيد الكبريت SO_2 ، وغاز الكلورو فلورو كربون Chlorofluorocarbons وجسيمات الغبار الدقيقة". ويمكن حصر مصادر تلوث هواء الغلاف الجوي بشكل رئيس بالمُخلفات الغازية الناتجة عن الأنشطة الإنسانية كتلك الناتجة عن حرق الغاز الطبيعي والوقود الأحفوري "الفحم الحجري

والبتروّل" أو تلك المُنبَعثة من محطات توليد الطاقة الكهربائيّة أو محطات تكرير النفط أو مصانع الحديد والصلب، أو مصانع الإسمنت، أو مصانع المواد والمركبات الكيميائيّة والصيدلانيّة، كذلك الغازات المُنتَلفة والمُنَبَعثة من عوادم الآليات والمركبات والمُولدات الكهربائيّة.

- كما يتسبب في زيادة تلوث هواء الغلاف الجوي التراجع المُستمر لمساحة مناطق الغابات نتيجة احتراقها أو القطع المُستمر والجائر لأشجارها.
- لقد أوضحت الدراسات علاقة الارتباط الإيجابية الطردية بين ارتفاع وانخفاض تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 (اللون الأحمر) مع ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة (اللون الأزرق) خلال فترة الـ 400 ألف سنة الماضية (شكل-56).

شكل-56: علاقة الارتباط الايجابية والطردية بين تغير تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون CO_2 في الجو مع تغير درجات الحرارة.

- **التيارات المائية المحيطية:** تمتص المحيطات والبحار جزءاً هاماً من حرارة الشمس الواردة للأرض، وتسهم التيارات المائية المحيطية في نشر الحرارة إلى المناطق الأخرى البعيدة، وهذا ما يُفسر انخفاض درجات الحرارة في المناطق الداخلية للقارات مقارنةً بالمناطق المتاخمة للبحار والمحيطات.
 - **إزالة الغطاء النباتي:** يُسهم الغطاء النباتي في حفظ التوازن بين مكونات هواء الغلاف الجوي من الغازات، من خلال استهلاك كميات ضخمة جداً من غاز ثاني أكسيد الكربون في عمليات التركيب "البناء" الضوئي النباتي، وعند إزالة هذا الغطاء سيختل التوازن القائم.
 - **الاحتباس الحراري:** تتلقى الأرض مجمل طاقاتها الحرارية من الشمس، وتمتص اليابسة والبحار والغلاف الجوي جزءاً مهماً من هذه الطاقة الواردة إلى الأرض، أما الجزء المتبقي فينعكس في الفضاء خارج الغلاف الجوي للأرض، وبفضل الطاقة التي يتم امتصاصها فإن سطح الأرض يسخن ويقوم بدوره بإطلاق الحرارة على شكل أشعة تحت حمراء، بينما تمنع بعض الغازات المكونة للغلاف الجوي للأرض بشكل طبيعي والتي يُطلق عليها الغازات الدافئة للحرارة أو غازات الدفيئة كـ (H_2O بخار الماء وغاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 وأكاسيد الأزوت NO_x وغاز الميثان CH_4 المنبعث من مياه المستنقعات الأسنة، ومزارع الأرز، وحظائر تربية الأبقار، ومطامر النفايات، والمناجم، وغازات الكلوروفلوروكربون $CFCs$ التي كانت تُستعمل في تبريد الثلاجات والمكيفات، وغاز سادس فلوريد الكبريت SF_6 الذي يُستعمل في عمليات العزل الكهربائي) جزءاً كبيراً من الإشعاع الشمسي الحراري المنعكس ذي الموجة الطويلة "أشعة تحت حمراء" من التسرب خارج الغلاف الجوي وتعمل على احتباسه وهو ما يُطلق عليه ظاهرة الاحتباس الحراري، وبفضل هذا الاحتباس فإن معدل حرارة الأرض سيرتفع من -18°C تحت الصفر إلى 15°C فوق الصفر وهو ما يُساعد على استمرار وتطور الحياة على سطح كوكب الأرض.
- وتجدر الإشارة هنا إلى أن المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التابعة لمنظمة الأمم المتحدة أعلنت مؤخراً أن نسبة غازات الدفيئة المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري قد بلغت نهاية عام

2013م ذروتها، وذلك مع زيادة تركيز غاز ثنائي أكسيد الكربون ppm389 وبمعدلات هي الأكبر منذ بدء نظام التسجيل العالمي الموثوق به، وهو مُعدل يُعد الأعلى لها خلال ما يُقارب ثلاثة العقود، كما دعت إلى اتخاذ إجراءات عاجلة لمواجهة ظاهرة التغير المناخي الذي سينشأ عن ذلك.

9-4- الكوارث الطبيعية الناتجة عن التغيرات المناخية:

تؤثر التغيرات المناخية المتفاقمة في منطقة مُحددة من الكرة الأرضية، على عوامل المناخ بشكل مباشر، كنمط الرياح وكمية الهطولات المطرية أو الهطولات الثلجية إضافة إلى أنواع وتواتر عدة أحداث مناخية قصوى مُحتملة، كما أن تغير المناخ بهذه الآلية يُمكن أن يؤدي إلى عواقب بيئية واجتماعية واقتصادية واسعة التأثير لا يُمكن التنبؤ بها.

- **ضحايا بشرية:** قدر عدد كبير من الباحثين أن التغيرات المناخية تؤدي بحياة نحو 150 ألف شخص سنوياً.

- **الهجرة القسرية للمجتمعات السكانية:** تُسهم التغيرات المناخية وما ينجم عنها من تدهور بيئي يتمثل في تناقص موارد مياه الشرب، ومياه الري، وكذلك تدهور الأراضي الزراعية وانخفاض قدرتها الإنتاجية في نزوح وهجرة السكان من مواطنهم الأصلية وهو ما يطلق عليه مصطلح "اللاجئون البيئيون".

- **النزاعات السياسية والحروب:** تؤدي التغيرات المناخية إلى تدهور بيئي ينشأ عنه شح ونضوب الموارد المائية الطبيعية، وهذا يُسهم في تزايد النزاعات السياسية والحروب مستقبلاً.

إن أكثر من 40% من أحواض الأنهار الرئيسية في العالم تكون مُشتركة بين دولتين أو أكثر (نهر الأردن، نهر الفرات، نهر النيل)، وجميع الدول التي تمر فيها هذه الأنهار تتميز بمعدلات مُرتفعة من النمو والتزايد السكاني، كما وتعتمد إلى حد كبير على الزراعة المروية، وبالتالي ستزداد الحاجة للموارد المائية الطبيعية من أجل الحفاظ على معدلات الإنتاج

الزراعي وتحقيق الأمن الغذائي، كل ذلك سيسهم في حدوث نزاعات سياسية حول حق الاستفادة من مياه الأنهار وتوزيع الحصص المائية لكل دولة. قد تتطور هذه النزاعات السياسية إلى مواجهات خطيرة "مواجهات عسكرية وحروب" بين الدول المتجاورة.

• **التأثير السلبي على التنوع البيولوجي:** لقد تطورت الكائنات الحية ضمن البيئات المناخية المختلفة التي تواجدت فيها وتمكنت من التأقلم مع الظروف المناخية السائدة من أجل البقاء في بيئتها، ولقد أثبت العلماء أن التغيرات المناخية التي حدثت في الماضي أدت إلى انقراض بعض الكائنات الحية، على الرغم أن أغلب الكائنات الحية تمكنت ونجحت في البقاء والاستمرار ضمن بيئاتها الأصلية نتيجة تطويرها نمطها السلوكي الفيزيولوجي، كما أن التغيرات المناخية كانت تحدث ببطء وهذا أتاح للكائنات الحية فرصة زمنية كافية للتكيف والتأقلم مع تلك التغيرات.

كما أن النشاطات البشرية التي تتمثل بإزالة مساحات هائلة من الغابات، وكذلك التوسع العمراني واستعمال المبيدات بشكل مُفرط، وتلوث الغلاف الجوي، وغيرها من النشاطات البشرية اللامسؤولة، كان لها تأثير كبير في حدوث التغيرات المناخية بشكل مُضطرب ومُتسارع أسهم في انتشار الأوبئة والطفيليات التي لم تعد عليها الكائنات الحية ونجم عنها آثار ضارة على التنوع الحيوي، حيث أشارت تقارير هيئة الأمم المتحدة إلى أن 3-4 أنواع نباتات وحيوانات تنقرض يومياً نتيجة التغيرات المناخية.

أدى ارتفاع درجات الحرارة أيضاً إلى هلاك الشعاب المرجانية المنتشرة في البيئات البحرية الدافئة والضحلة. ويتوقع الباحثون أيضاً أن التغيرات المناخية ستؤدي مع حلول عام 2050م إلى اختفاء وانقراض قرابة 20% من الأنواع الحية البرية.

- **تراجع الإنتاج الزراعي وتردي الأمن الغذائي:** قد تؤدي التغيرات المناخية لمنطقة ما، إلى تقلص المساحة الصالحة للزراعة أو تأثر المزروعات المحلية بشكل سلبي، فعلى سبيل المثال يؤثر ارتفاع درجات الحرارة في نمو بعض المحاصيل التي تحتاج إلى درجات حرارة أقل، كما أن ارتفاع منسوب مياه البحر نتيجة ارتفاع درجة حرارة العالم سيؤدي إلى إغراق الأراضي الساحلية الزراعية، وهذا يقلل من مساحات الأراضي الزراعية، كما تسهم حالات جفاف الأراضي الزراعية وتصحرها في خفض كفاءتها الإنتاجية وتقلص المخزون الغذائي العالمي، كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى زيادة الاحتياجات المائية للنباتات، وهذا سيزيد من معدلات البخر والنتح، وزيادة الاحتياجات المائية وكذلك الطلب على الموارد المائية، وهذا يؤدي لاحقاً إلى انخفاض المردود والكفاءة الإنتاجية للمحاصيل الزراعية ويهدد الأمن الغذائي في البلدان المتأثرة بارتفاع درجات الحرارة.
- **انخفاض الإنتاج الغذائي الحيواني:** يعد الإنتاج الحيواني شديد التأثر بعناصر المناخ وينعكس ذلك مباشرة على نموها ووزنها وإنتاجها من الألبان وتكاثرها، كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى ازدياد معدلات إصابة الحيوانات بالأمراض وتكون سبباً في هلاكها، والتغيرات المناخية أيضاً وما ينشأ عنها من جفاف وتصحر وما ينجم عنهما من انعدام الكلاء وهذا يتسبب في هلاك وموت الحيوانات جوعاً وعطشاً.
- **تفاقم مظاهر التلوث بالأسمدة الكيميائية:** يتم إضافة كميات لا يستهان بها من الأسمدة الكيميائية من أجل رفع الكفاءة الإنتاجية للمحاصيل الزراعية والناجمة عن التغيرات المناخية. وهذا يؤدي إلى ازدياد التلوث السام، الذي قد يتسرب وينقل من مياه الري إلى المياه الجوفية.
- **انخفاض مخزون المياه الجوفية:** سيكون للتغيرات المناخية تأثيراً مباشراً في مخزون المياه الجوفية، ويتمثل ذلك في نقص تغذيتها، وزيادة معدلات البخر من النطاق غير المشبع من جبهة وانخفاض الجريانات المائية السطحية من جهة أخرى، هذا ويعتقد العلماء أنه نتيجة التغيرات المناخية وفي غضون الخمسين عاماً المقبلة سينخفض مخزون المياه الجوفية، وهذا

سيؤدي إلى شح في مياه الشرب، وسيرتفع عدد الأشخاص الذين يعانون من نقص مياه الشرب في العالم من 5 مليارات إلى 8 مليارات نسمة.

- **تفاقم عمليات التعرية:** ستؤثر التغيرات المناخية على نمط ونوع وغزارة الهطولات المائية، وهذا سيؤدي إلى ازدياد مظاهر الجفاف وتفاقم عمليات التعرية ثم التصحر.

- **ارتفاع معدلات الآفات والأمراض:** يُشكل ارتفاع درجات الحرارة ظروفاً مؤاتية لانتشار الآفات والحشرات الناقلة للأمراض كالبعوض الناقل لمرض الملاريا.

- **ارتفاع مستوى البحار:** يعتقد بعض العلماء أنه بحلول عام 2050م سترتفع درجة حرارة كوكب الأرض بين 1.5-4.5م°، وستؤدي بدورها إلى تمدد كتلة مياه البحار والمحيطات ثم إلى ارتفاع مستوى منسوبها بين 0.3-1.2م نتيجة ذوبان التوضعات الجليدية المنتشرة في المناطق القطبية. هذا الارتفاع المحتمل سيقود إلى غمر أجزاء شاسعة من المناطق الساحلية المنخفضة بمختلف المناطق من العالم وزوال العديد من الجزر المنتشرة في المحيطات، كما سيشكل تهديداً مباشراً للتجمعات السكانية الساحلية وزراعتها إضافة إلى موارد المياه العذبة على السواحل. أيضاً يؤدي ارتفاع منسوب مياه سطح البحر أيضاً إلى حدوث تغير في السلوك الهيدروليكي للطبقات المائية الجوفية الساحلية، وإلى اختلال التوازن الطبيعي بين المياه الجوفية العذبة في تلك الطبقات ومياه البحر، كما يؤدي إلى زيادة تسرب المياه المالحة داخل الطبقات المائية الجوفية الساحلية، ثم إلى نقص حجم المياه الجوفية العذبة القابلة للاستعمال وهذا يؤدي إلى خسائر اقتصادية فادحة.

- **تسارع تواتر الكوارث الطبيعية المناخية:** ستؤدي التغيرات المناخية إلى ارتفاع تواتر موجات الجفاف والفيضانات والعواصف وغيرها، وهذا يؤدي إلى الإضرار في المجتمعات السكانية واقتصادها.

- **اتساع ثقب الأوزون:** سيؤدي استنزاف طبقة الأوزون في الجزء العلوي من الغلاف الجوي نتيجة تعرضها للمواد الكيميائية المصنعة، إلى نتائج في غاية الخطورة، ذلك أن طبقة الأوزون تحمي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية التي تنطلق من الشمس مسببة سرطان الجلد.

- الأمطار الحامضية: وتتساقط نتيجة تلوث الغلاف الجوي بالغازات الملوثة المنبعثة من المصانع أو من المنازل أو من وسائل النقل، وتؤدي هذه الأمطار إلى هلاك الملايين من الأشجار والقضاء على الغابات.

شكل-56: صورة توضح تأثير الأمطار الحامضية على تدهور الغابات.

9-5- طرائق الحد من الآثار السلبية الناتجة عن التغيرات المناخية:

- رفع سوية الوعي البيئي لدى المجتمعات السكانية، حول تأثير التغيرات المناخية من أجل حماية المنظومة البيئية ككل.
- تنمية المهارات البشرية حول ظاهرة التغيرات المناخية وتأثيراتها من خلال إقامة دورات تدريب وتأهيل شامل للعاملين في قطاعات الرصد المناخي، والزراعة، والمياه، والتنوع الحيوي لمُجابهة آثار التغيرات المناخية العالمية.

- إنشاء شبكات رصد مناخي لمراقبة تأثير التغيرات المناخية، ووضع الخطط الملزمة لمُجابهة الآثار السلبية الناتجة عنها.
- نشر منهجيات وأدوات تقييم تبعيات التغير المناخي، ومدى التأثير به من خلال التعاون الدولي بهدف تطوير آليات ووسائل رصد ومراقبة التغيرات المناخية.
- تفعيل التعاون الدولي في تبادل المُعطيات المناخية التي يُمكن استعمالها في عمليات الرصد والتحليل والتقييم لاتجاهات التغيرات المناخية وتحديد توزيع مناطق الجفاف والهطولات المطرية المُحتملة.
- الحد من استهلاك الوقود الأحفوري كمصدر رئيس للطاقة والاستعاضة عنه باستعمال الوقود الحيوي الصديق للبيئة.
- الاعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة النظيفة والصديقة للبيئة مثل: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر وطاقة حرارة الأرض الجوفية.
- الحد من انبعاث الغازات الناتجة عن المنشآت الصناعية وعوادم الآليات، المُلوثة لهواء الغلاف الجوي والمُسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.
- استنباط أصناف جديدة من أصناف الحبوب تتسم بتحملها للجفاف والحرارة المرتفعة بكفاءتها الإنتاجية العالية.
- الاعتناء بالغطاء النباتي والمُحافظة على الغابات وسن القوانين والتشريعات التي تكفل حمايتها وبفائها.
- الاستغلال النموذجي للطاقة في المنازل، وذلك من خلال عزل الأسقف، وتركيب طبقات مزدوجة من الزجاج.
- إنشاء الحواجز التي تمنع دخول مياه البحر في الأراضي المنخفضة، ووضع خطط طويلة المدى لإيجاد مناطق زراعية بديلة للمناطق التي قد تتضرر نتيجة ارتفاع منسوب سطح البحر.

10- الفصل العاشر

الجفاف والتصحر

10-1- المقدمة:

تُعَدُّ كل من ظاهرتي الجفاف والتصحر من أخطر الكوارث الطبيعية التي يُواجهها سكان الأرض، لذلك أطلقت الجمعية العامة للأمم المتحدة عام 1994م، على يوم السابع عشر من شهر حزيران من كل عام اسم اليوم العالمي للحد ومكافحة الجفاف والتصحر، كما أطلقت على العقد 2010-2020م اسم عقد مكافحة التصحر، سعياً منها في تضافر جهود جميع الدول والحكومات للحد ومكافحة كل من ظاهرتي الجفاف والتصحر التي تتسع بشكل مستمر وتهدد حالياً وبشكل مباشر حياة نحو مليار شخص أي سدس سكان العالم تقريباً.

إن استعراض بعض الوقائع والإحصائيات يكون كفيلاً بإلقاء الضوء على فداحة ظاهرتي الجفاف والتصحر، فعلى صعيد كوكب الأرض يتعرض نحو 50 مليون كم² من الأراضي الزراعية والرعيّة والغابية لخطر الجفاف والتصحر، كما فقدت ثلث الأراضي الجافة في العالم بشكل فعلي نحو 25% من قدرتها الإنتاجية، أيضاً هناك نحو 90 ألف كم² من الأراضي الصالحة للزراعة على مستوى العالم تُصاب بالجفاف والتصحر سنوياً.

يتفاوت خطر ظاهرتي الجفاف والتصحر من منطقة إلى أخرى في العالم إلا أنه يُصبح كارثياً في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث يُمثل المشكلة الرئيسة التي تُعيق خطط التنمية في تلك المناطق، وقد أشارت نتائج الدراسات التي قامت بها منظمة اليونسكو أن نحو 90% من أراضي المناطق

الجافة وشبه الجافة مُهددة بالجفاف والتصحر، ومما يزيد هذه المشكلة تعقيداً أن أغلب بيئات هذه المناطق هي بيئات حساسة وهشة، لذلك فإن كثيراً من أراضيها التي تُفقد قد يُصبح من الصعب إعادة تأهيلها في المدى المنظور.

10-2- تعريف الجفاف:

الجفاف أو القحط أو الجذب في منطقة مُحددة هو ظاهرة مناخية تعكس مُعاناة هذه المنطقة من نقص حاد في مواردها المائية وارتفاع درجة الحرارة السائدة وزيادة مُعدلات التبخر في فترة زمنية تُراوح بين عدة شهور وقد تمتد إلى عدة سنوات، ومن الخطأ تحديدها وفق عامل واحد، رغم أن عدداً كبيراً من الباحثين عدّ الكمية السنوية للهطولات المطرية مؤشراً ومِعياراً مبدئياً لتحديد درجة الجفاف، ويعود السبب الرئيس في ذلك إلى علاقة الارتباط الوثيقة بين انخفاض مُعدلات الهطولات المطرية عن مُعدلاتها الطبيعية وازدياد المخاطر التي تُهدد استمرار الحياة في تلك المنطقة. وعلى الرغم من أن فترات الجفاف قد تستمر لسنوات عديدة، فإن فترة قصيرة من الجفاف الشديد تكون كافية بل وكفيلة بإلحاق أضرار جسيمة على النظام البيئي والزراعي والصحي والاجتماعي والاقتصادي في المنطقة المُتضررة منه.

تجدر الإشارة هنا إلى أن أطول فترة جفاف عرفها كوكب الأرض ودون هطول أي قطرة مطر واحدة بلغت 173 شهراً أي 14 سنة وأربعة أشهر ونصف في الفترة الواقعة بين مطلع شهر تشرين الأول من عام 1903م إلى مُنتصف شهر كانون الثاني من عام 1918م بمنطقة أريكا في تشيلي. وتبعاً لإحصائيات الأمم المتحدة تنخفض وتتقلص مساحة الأراضي الزراعية الخصبة التي يتم تضررها سنوياً نتيجة التغيرات المناخية وإزالة الغابات والجفاف والتصحر بشكل مُضطرد، إضافة إلى ذلك أيضاً ينجم عن فترات الجفاف الطويلة تقلص الإنتاج النباتي والحيواني واختلال الأمن الغذائي والتسبب في الفقر والمجاعات، وهذا يؤدي إلى هجرة التجمعات السكانية الجماعية المُستمرة، كما ويتسبب أيضاً بعدد كبير من الكوارث الإنسانية، وهذا ما تم رصده في منطقتي القرن الأفريقي والساحل الأفريقي في ثمانينيات القرن الماضي.

10-3- أنوع الجفاف:

الجفاف ظاهرة مناخية مؤقتة ناتجة عن قلة الأمطار وارتفاع درجة الحرارة، وقد تم التمييز بين ثلاثة أنواع رئيسة من الجفاف هي:

10-3-1- الجفاف المناخي أو الميترولوجي: وهو التعريف الأكثر انتشاراً للجفاف، وينشأ نتيجة حدوث انخفاض في فعالية الهطولات المطرية وليس في كميتها، ويمكن تحديد معامل الجفاف في منطقة محددة من خلال تحديد قيم طاقة التبخر والنتح الشهري، والتي ترتبط بشكل مباشر مع قيم درجات الحرارة ونوعية التربة التي تُحدد الحاجة الفعلية اللازمة والضرورية لاستمرار نمو النباتات بشكل جيد، ولدى مقارنة هذه القيم مع الكمية الفعلية للهطولات المطرية في منطقة ما يتم الحصول على قيم موجبة (+) إذا كانت الكمية الفعلية للهطولات المطرية تفوق مجموع قيم طاقة التبخر والنتح، أو على قيم سالبة (-) إذا كانت الكمية الفعلية للهطولات المطرية أقل من مجموع قيم طاقة التبخر والنتح، وعند جمع القيم الموجبة يتم الحصول على معامل الرطوبة، بينما يتم الحصول على معامل الجفاف نتيجة جمع القيم السالبة.

10-3-2- الجفاف الزراعي: وينشأ في المناطق التي تسودها نظم الزراعة المطرية، عندما لا تكفي كمية الهطولات المطرية حاجة المحاصيل الزراعية وتؤثر بشكل مباشر في كفاءتها الإنتاجية، وهذا يؤدي إلى تراجع الثروتين الزراعية والحيوانية. وقد يحدث الجفاف الزراعي أيضاً بمنأى عن أي تغير في كميات الهطولات المطرية وذلك عندما تتأثر التربة بعوامل التعرية والتي تحدث نتيجة اتباع أساليب زراعية غير سليمة تؤدي بدورها إلى تناقص كمية المياه الضرورية لزراعة ونمو المحاصيل الزراعية المختلفة.

10-3-3- الجفاف الهيدرولوجي: ويحدث نتيجة انخفاض احتياطي المياه الجوفية في الطبقات الصخرية الخازنة، وعدم كفاية "عجز" الموارد المائية من الأودية أو العيون في تأمين المياه الضرورية واللازمة للمتطلبات الزراعية في المناطق المروية أو المتطلبات الأخرى كمياه الشرب. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه وفي الكثير من حالات الجفاف المناخي لم يحدث جفاف زراعي أو هيدرولوجي، وذلك نتيجة توافر مياه الري إما في الآبار أو المسيلات المائية والأنهار، أيضاً قد لا

يحدث أحياناً جفاف ميترولوجي، لكن الإنسان ونتيجة أساليبه الخاطئة في استعمال الموارد المائية قد يتعرض لأنواع أخرى من الجفاف، كالجفاف الزراعي على سبيل المثال.

10-4- أسباب الجفاف:

يُلاحظ مما سبق أن الجفاف يرتبط بشكل عام مع كمية الهطولات المطرية والتي ترتبط بدورها بشكل مباشر مع كمية المياه المُتبخّرة في الغلاف الجوي نتيجة عملية التبخر، بالإضافة إلى قوة دفع الكتل الهوائية المُحملة ببخار الماء نحو الأعلى، وعند انخفاض نسبة أي من هذين العاملين أو كلاهما، فإن النتيجة الحتمية لذلك ستكون الجفاف. يحدث الجفاف نتيجة أسباب طبيعية أو أسباب بشرية.

10-4-1- الأسباب الطبيعية:

- التغيرات المناخية والاحتباس الحراري.
- ارتفاع درجات الحرارة السائدة.
- زيادة نسبة التبخر حيث ترتفع نسبة التبخر بمعدل سنوي يُراوح بين 2000-4000 مم سنوياً.
- ندرة الهطولات المطرية.
- عدم توافر مصادر طبيعية للمياه السطحية مثل الأنهار والينابيع.
- طبيعة قوام "تسيج" التربة ونسبة مساميتها الكلية، وكذلك أبعاد مساماتها ودرجة التوصيل الهيدروليكي بينها، فالمسامات ذات الأقطار الكبيرة لا تساعد على الاحتفاظ بالمياه لذا تكون عملية التبخر سريعة وهذا يزيد من كمية المياه المُتبخّرة.
- توزع السلاسل الجبلية في مناطق الضغوط الجوية المرتفعة، التي قد تمنع أو تُعيق نشاط العواصف الرعدية أو الهطولات المطرية على منطقة معينة.
- مرور تيارات مائية بحرية باردة بالقرب من المناطق البحرية الشاطئية.
- تكرار الفيضانات وإسقامها في انجراف التربة.

10-4-2- الأسباب البشرية:

- الزراعة الجائرة "التوسع الزراعي أو الرعوي" غير المنظم.
- الرعي الجائر، وزراعة المحاصيل الزراعية ذات الإحتياجات المائية الكبيرة مثل "الأرز والقمح والقطن".
- التوسع العمراني العشوائي.
- إزالة الغابات من خلال عمليات اقتطاعها أو حرقها.
- قلة المعرفة والوعي في طرائق ترشيد استعمال المياه.

10-5- الكوارث الطبيعية الناتجة عن الجفاف:

تُعد ظاهرة الجفاف من أخطر المُشكلات البيئية التي تحل في البيئات المناخية الجافة وشبه الجافة، ولقد شهدت العصور التاريخية حالات من الجفاف الميثولوجي والتي نشأت في الأساس نتيجة انخفاض مُعدلات الهطولات المطرية أو أحياناً نتيجة انعدام الهطولات المطرية لفترات زمنية مُحددة وهذا يؤدي إلى تعرض المناطق التي تأثرت بها لكوارث طبيعية حادة تتمثل في:

- خسائر بشرية "وفيات" نتيجة التعرض للجوع والعطش.
- تراجع ونضوب الموارد المائية السطحية "مياه المسيلات المائية والأنهار".
- نقص وانخفاض منسوب المياه الجوفية ونضوب مياه العيون والآبار، وهذا يُسهم أيضاً في زيادة نسبة الأملاح الذاتية وكذلك تركيز المواد الملوثة فيها.
- تراجع مُعدل نمو المحاصيل الزراعية وانخفاض مُعدلات الإنتاج الزراعي والثروة الرعوية.
- نفوق الحيوانات وتراجع الإنتاج الحيواني وعدم القدرة على تنمية الثروة الحيوانية وتناقصها.
- يؤدي جفاف التربة إلى تفكك مكوناتها الحبيبة، وهذا يُساعد على انجرافها ريحياً أو مائياً.
- تشكل العواصف الترابية وتعرية التربة التي تؤدي في النهاية إلى تصحر الأراضي.
- نقص شديد في توافر المواد الغذائية وانتشار أمراض سوء التغذية.

- انتشار المجاعات نتيجة نقص مياه الري والمُنتج الزراعي والحيواني.
- انتشار ظاهرة الفقر.
- انتشار ظاهرة الهجرات السكانية الجماعية طلباً للماء والغذاء.
- اندلاع الحرائق الهائلة في الغابات نتيجة الجفاف.
- إمكانية ظهور الأزمات والنزاعات السياسية، التي قد تتطور لصراعات مسلحة وحروب من أجل السيطرة على الموارد المائية الطبيعية.
- التأثير السلبي المباشر وغير المباشر للجفاف في تنوع الحياة البرية، حيث تُصبح المنطقة خالية أو شبه خالية من الحياة البرية نتيجة تعرضها لفترات جفاف مُتكررة.
- ارتفاع مُعدلات العدوى في المناطق التي تقل فيها المياه المتاحة للشرب أو النظافة الشخصية.
- انتشار بعض الأمراض المرتبطة بالجفاف مثل الرمد الربيعي للعيون والجرب.

10-6- طرائق الحد من آثار الجفاف: وتشتمل على الإجراءات الآتية:

- عمل مُسوحات شاملة للمناطق المؤهلة للتعرض بنوبات جفاف بهدف تحديد إمكاناتها.
- تنظيم وتقسيم المناطق الزراعية والرعية وكذلك وضع برنامج يُحدد طبيعة الدورات الزراعية.
- إعلام وتوجيه المزارعين والزراعة للمناطق الأقل تعرضاً للجفاف.
- تلقيح السحاب من أجل توليد الغيوم الاصطناعية، للمساعدة في هطول الأمطار.
- تحلية مياه البحار لاستعمالها في مجالات الحياة المختلفة، الشرب، أو للاستعمال المنزلي أو الزراعي أو الصناعي.
- مراقبة الجفاف من خلال رصد مُعدلات الهطولات المطرية.
- الرصد الدقيق لمُعدلات رطوبة الغلاف الجوي، وهذا يُساعد أيضاً في التنبؤ بالخطر المُتزايد من التعرض لحرائق الغابات.
- إتباع نظام دورات الزراعة، المُخطط لها بشكل جيد بهدف الحد من انجراف وتعرية التربة.

- كما أنها تتيح الفرصة أمام المزارعين لزراعة محاصيل زراعية ذات احتياجات مائية أقل، ولا سيما في السنوات الأكثر جفافاً.
- العمل على تجميع مياه الأمطار وتخزينها بهدف الاستفادة منها.
- معالجة وتنقية المياه الناتجة عن الصرف الصحي أو الزراعي أو الصناعي بهدف الاستفادة منها.
- العمل على شق قنوات فرعية اصطناعية أو إعادة توجيه الأنهار كمحاولات واسعة النطاق لري الأراضي في المناطق المعرضة للجفاف.
- وضع استراتيجيات مناسبة لتخفيف حدة الآثار الناجمة عن الجفاف مع الأخذ بعين الاعتبار الزيادة المطردة للكثافة السكانية.
- فرض القيود على استهلاك الموارد المائية، بحيث يتم ترشيد استهلاكها في كافة مجالات الحياة، بالإضافة إلى ابتكار الضرائب التي تُسهم في تحقيق ذلك.

10-7- تعريف التصحر :

استخدمت كلمة تصحر أول مرة من قبل عالم الغابات الفرنسي أوبريل عام 1949م، حيث عرفها على أنها عملية تدهور البيئة الطبيعية للغابات في المناطق الرطبة نتيجة اقتلاع أشجارها، وحاول الكثير من العلماء والمؤسسات والمنظمات إيجاد تعريف موحد وشامل للتصحر لاحقاً، وبقي الأمر لفترة غير قصيرة موضع نقاش من قبل هيئات الأمم المتحدة المعنية، وفي عام 1977م دعت الأمم المتحدة إلى عقد مؤتمر عالمي حول موضوع التصحر "مؤتمر نيروبي" حيث تم وضع تعريف للتصحر على أنه (انخفاض أو تدهور قدرة الإنتاج الإحيائي للأرض وهذا يؤدي إلى خلق أوضاع شبه صحراوية) وهو أحد جوانب التدهور الشائع الذي تتعرض له النظم البيئية، في عام 1990م وبناءً على نتائج عدد كبير من الأبحاث والدراسات التي نفذها مجموعة من العلماء، اعتمد المجلس الاستشاري المعني بتقييم التصحر على مستوى العالم تعريف التصحر على أنه (تدهور الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة والمناطق القاحلة شبه الرطبة نتيجة النشاطات

الإنسانية)، وفي عام 1992م تم تعديل تعريف التصحر من قبل مؤتمر الأمم المتحدة للبيئة والتنمية ليصبح على النحو الآتي: (التصحر يعني تدهور التربة في المناطق الجافة "القاحلة"، وشبه الجافة "شبه القاحلة" وتحت الرطوبة والذي ينشأ نتيجة عدة عوامل مختلفة تشمل التغيرات المناخية والنشاطات الإنسانية)، وعند التدقيق في التعريفين الأخيرين للتصحر، يُلاحظ أن هناك اتفاق حول ماهية التصحر حيث إن كلاهما أشار إلى التصحر على أنه تدهور التربة يؤثر في قدرتها الإنتاجية الزراعية ولكنهما اختلفا في تحديد الأسباب.

إذاً فالتصحر هو تعرض الأرضي للتدهور في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة (شكل-57)، وهذا يؤدي إلى تناقص أو حتى فقدان الحياة النباتية والتنوع الحيوي بها.

شكل-57: خارطة توزيع المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة شبه الرطبة المنتشرة على سطح الأرض.

10-8- أنواع "درجات" التصحر:

تتباين درجات التصحر ومدى خطورتها من بيئة إلى أخرى، تبعاً لطبيعة التفاعل بين البيئة وقدرتها الطبيعية على مواجهة التغيرات التي تحدثها النشاطات البشرية، وقد حدد مؤتمر الأمم المتحدة للمعقد في نيروبي عام 1977م لبحث ظاهرة التصحر أربع درجات للتصحر هي:

10-8-1- التصحر الخفيف: ويتميز في حدوث تلف أو تدمير طفيف جداً في الغطاء النباتي والتربة بما لا يؤثر بشكل واضح في القدرة الإحيائية للبيئة.

10-8-2- التصحر المعتدل: و يترافق مع حدوث تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي، وتكوين كتبان رملية أو تكوين بعض الروابي الرملية، هذا بالإضافة إلى تملح واضح للتربة وهذا يؤدي إلى خفض الكفاءة الإنتاجية بنسب تراوح بين 10-50%.

10-8-3- التصحر الشديد: ويتميز في انتشار الحشائش والشجيرات غير المرغوبة على حساب الأنواع المرغوبة والمستحبة، وكذلك زيادة نشاط التعرية الاكتساحية (الهوائية أو/و المائية) وهذا يؤدي إلى شدة تعرية الأرض من غطائها النباتي، وتكوين الأخاديد الأرضية العميقة والكبيرة، هذا بالإضافة إلى تملح التربة وهذا يؤدي إلى تدهور وخفض الكفاءة الإنتاجية بنسب تفوق الـ 50%.

10-8-4- التصحر الشديد جداً: و يترافق في تكوين الكتبان الرملية الكبيرة انعرية والنشطة، وتكوين العديد من الأخاديد أو الأودية الأرضية العميقة والكبيرة، بالإضافة إلى إصابة التربة بدرجات عالية من التملح تفقد معها قدرتها الإنتاجية قد يصل بها إلى درجة العقم الإنتاجي.

10-9- أسباب التصحر :

على الرغم من تعدد وتنوع أسباب التصحر إلا انها تنقسم وبشكل رئيس إلى أسباب طبيعية وأسباب بشرية "نشاطات بشرية".

10-9-1- أسباب التصحر الطبيعية:

- انخفاض معدل الهطولات المطرية: يكون للمناخ أثر كبير في عملية التصحر ولا سيما المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز بمعدلات هطولات مطرية منخفضة ومعدلات تبخر عالية، حيث لا تزيد على 300مم في السنة كحد أقصى.
- عدم انتظام الهطولات المطرية: يؤدي عدم انتظام هطول الأمطار في انخفاض الكفاءة الإنتاجية للتربة، نتيجة فقد التربة لרטوبتها وهذا يسهم لاحقاً في رفع تركيز الأملاح في التربة

تدريجياً، ولن يتوقف ذلك إلا عند هطول كميات مرتفعة نسبياً من الأمطار، لكن مع زيادة معدل الهطولات المطرية على معدلاتها الطبيعية ستعرض التربة إلى الانجراف.

- **تكرار موجات الجفاف والقحط:** يُسهم تكرار موجات الجفاف والقحط في حدوث التصحر من خلال جفاف التربة ثم تصلبها وتدهور غطاءها النباتي، كما تُسهم في رفع فعالية التعرية الريحية، وهذا يؤدي إلى انخفاض الكفاءة الإنتاجية الزراعية والرعية، ثم نقص الغذاء وانتشار المجاعات.
- **معدلات التبخر:** تتميز المناطق الجافة وشبه الجافة بمعدلات تبخر عالية نسبياً تُراوح بين 2000-4000 سم في السنة وهذا يُسهم في تدني الطاقة الإحيائية "البيولوجية" وإشاعة الظروف الصحراوية في هذه البيئات.
- **التغيرات المناخية:** وما يُرافقها من تكرار الفيضانات والعواصف المدارية والأعاصير الاستوائية وكذلك زيادة معدلات الجفاف المناخي الذي ينشأ نتيجة انخفاض معدلات الهطولات المطرية عن معدلاتها الطبيعية أو انقطاع الأمطار لفترات زمنية طويلة، وارتفاع درجات الحرارة، وهذا يُسهم في تفكك مكونات التربة الحبيبية ثم انجرافها "تعريتها" وكذلك تملحها.
- **الرياح العاتية:** تؤدي الرياح إلى سرعة جفاف النباتات وذبولها الدائم خاصة إذا استمرت لمدة طويلة، كما أنها تمزق النباتات وتقتلعها ولا سيما تلك ذات المجموع الجذري الضحل، وهذا يؤدي إلى إزالة الغطاء النباتي.
- **انجراف التربة:** تُسهم الرياح والسيول المائية والفيضانات في انجراف آلاف الأطنان من التربة سنوياً، هذا وتقدر كمية الأراضي الزراعية التي تدهورت في العالم خلال مئة السنة الأخيرة بفعل الانجراف بأكثر من 23% من الأراضي الزراعية، لذلك تُعد عملية انجراف التربة من أخطر العمليات التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية في مختلف أنحاء العالم.
- **الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة:** تتباين درجة انجراف التربة مع تباين خصائصها الفيزيائية والكيميائية، فعلى سبيل المثال يعكس عمق القطاع العمودي للتربة مدى تطورها أو تمنطقها، وتُعد التربة العميقة أكثر تطوراً من التربة الضحلة، كما يعكس عمر التربة قديمها

أو حدثتها" الظروف البيئية ولا سيما المناخية التي تكونت خلالها، فأغلب التربة القديمة تكونت في ظروف مناخية رطبة وتتميز بتمايز آفاقها التشخيصية، وعمق قطاعاتها وتحلل موادها المعدنية وقوامها "تسيجها" الثقيل ودرجة خصوبتها المرتفعة وكفاءة إنتاجيتها العالية، أما التربة الحديثة فتتميز بعدم تمايز آفاقها التشخيصية بشكل واضح، وبخشونة قوامها وضحالة عمقها وضعف تحلل مكوناتها المعدنية ودرجة خصوبتها المنخفضة وتدني كفاءتها الإنتاجية. أيضاً يحدد قوام التربة نوعية التربة إذا كانت طينية ناعمة القوام أو رملية أو حصوية وتمتاز التربة ناعمة القوام بانخفاض معدلات الرشح وارتفاع معدل الخاصية الشعرية وهذا يؤدي إلى زيادة التملح والتصلب والتشقق في فترة الجفاف بل وتصبح عرضة للتآكل الريحية، أما التسيج أو القوام الخشن فيسهم في خفض معدلات الانجراف وتكون التربة أكثر فقراً بالمواد العضوية وأقل كفاءة إنتاجية.

10-9-2- أسباب التصحر البشرية:

- السياسات الخاطئة: يسهم فقدان السياسات أو تلك الخاطئة منها أو الجائرة والخاصة باستغلال الموارد الطبيعية وعدم ترشيد استعمالها، في زيادة رقعة الأراضي المتصحرة.
- غياب الوعي البيئي: يسهم غياب الوعي البيئي لدى المجتمعات والأفراد وعدم الإدراك الكافي للمخاطر البيئية في توسع رقعة الأراضي المؤهلة للتصحّر.
- الإفراط في الأنشطة الزراعية: وتتمثل في الأنشطة الزراعية التي تصل إلى معدلات متطرفة كالاستغلال المفرط أو غير المناسب للأراضي الزراعية والتي تزيد على الحدود الطبيعية الإنتاجية الزراعية للأرض وهذا يؤدي إلى استنزاف الطاقة الإنتاجية للتربة وتنتهي بتدهور التربة الزراعية، فقد أسهمت الزيادة في عدد سكان المعمورة إلى الحاجة الملحة لتوفير كميات أكبر من الإنتاج النباتي لتوفير الأمن الغذائي، كل ذلك أدى إلى إنبهاك الأراضي الزراعية تدريجياً إلى أن فقدت قدرتها الإنتاجية.

- **زراعة الأراضي الهامشية:** لقد أسهم التقدم التقني ووسائل الزراعة الحديثة في زراعة الأراضي الهامشية وأراضي المراعي والغابات التي هي في الأساس ذات كفاءة إنتاجية متدنية، وهذا أدى إلى تدهور تلك الأراضي وأخل في التوازن البيئي، كما شكل ضغطاً على المراعي الطبيعية التي كانت توفر العلف للماشية.
- **التوسع العمراني:** تم فقدان بعض الأراضي الزراعية ذات الكفاءة الإنتاجية العالية، نتيجة التوسع العشوائي للمدن الناتج عن زيادة عدد السكان.
- **الرعي الجائر:** وهو أن تحمل الأراضي الوفيرة بالأعشاب "المراعي" أعداداً من الحيوانات وأنواعاً معينة لا تتناسب مع طاقة المراعي الغذائية ويؤدي إلى حرمان الأراضي من حشائشها، كما ويُعد أحد الأسباب الرئيسة المؤدية إلى فقدان مساحات هائلة من الغطاء النباتي في المناطق الجافة وشبه الجافة، فالنمو السريع لعدد السكان والحاجة إلى توفير احتياجاتهم من اللحوم، أدى إلى تشكيل ضغوط إضافية على المراعي نتيجة زيادة أعداد الماشية وتكثيف عملية الرعي بما لا يتناسب مع الطاقة الإنتاجية للمراعي، إضافة إلى فقدان التدريجي لأراضي المراعي الطبيعية نتيجة تحويلها لأراضٍ زراعية.
- **زراعة المحاصيل النقدية:** توجهت أغلب الدول الفقيرة والنامية إلى زراعة المحاصيل الزراعية السريعة والتي تؤمن لها القطع الأجنبي الضروري لسداد ديونها أو لتمويل مشاريعها الإنمائية، ولم يُؤخذ في الاعتبار الطاقة الإنتاجية لهذه الأراضي بل كانت تتدهور بشكل تدريجي نتيجة اتباع سياسة الزراعة المكثفة بهدف الحصول على أكبر عائد مادي، وهذا أدى في نهاية المطاف إلى فقدان الكفاءة الإنتاجية لهذه الأراضي، وهذا زاد من رقعة الأراضي المُتصحرة في هذه الدول.
- **إزالة الغابات:** تُسهم الغابات في الحفاظ على التربة والحد من عوامل انجرافها هوائياً أو مائياً، كما تُحافظ الغابات على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، فهي ترفع من قدرة التربة على الاحتفاظ بالماء وتحفظ توازن العناصر الغذائية فيها، كما أن للغابات بشكل عام أثراً كبيراً على التغيرات المناخية الإقليمية التي قد يمتد تأثيرها إلى المناخ العالمي.

يتم إزالة الغابات إما عن طريق القطع أو الحرائق التي زادت حدتها منذ منتصف القرن التاسع عشر، وتعددت أسباب إزالة الغابات بين المجتمعات السكانية الفقيرة والنامية والمجتمعات السكانية الغنية والمتطورة، ففي المجتمعات السكانية الفقيرة والنامية تم احتطاب الأخشاب لاستعمالها كأحد مصادر الطاقة ولأغراض متعددة منها بناء السكن، وطهي الطعام، والتدفئة، كما أزيلت أجزاء كبيرة من الغابات للاستفادة من أراضيها كمناطق زراعية أو سكنية. أما في المجتمعات السكانية الغنية والمتطورة فقد عمد بعضها إلى إزالة مساحات كبيرة من الغابات لاستعمالها كموايد أولية في عمليات التصنيع المختلفة، كما أدى النشاط الصناعي ولا سيما في الدول الأوروبية إلى تفشي ظاهرة الأمطار الحامضية التي أدت بدورها إلى تدهور وانحسار مساحات كبيرة من الغابات، ولتبيان حجم المشكلة فقد أشارت دراسة لمنظمة الأغذية والزراعة إلى أن حجم مساحة الغابات التي تُزال سنوياً يبلغ 6.5 مليون هكتار وأن مساحة الغابات التي تتدهور سنوياً تراوح بين 10-20 مليون هكتار.

- **تدهور الغطاء النباتي:** يُسهم الغطاء النباتي في تماسك التربة وخفض معدلات الإشعاع والنتح وكذلك خفض سرعة الرياح وزيادة رطوبة التربة، كما ويعمل على تزويد التربة بالمواد العضوية وهذا يزيد من خصوبتها وخفض معدلات انجرافها، ويمكن أن يزول هذا الغطاء نتيجة ممارسات الإنسان اللامسؤولة والخاطئة.
- **سوء إدارة الموارد المائية:** تُعاني المناطق الجافة وشبه الجافة عادةً من قلة مواردها المائية، لذلك تتبنى الدول والحكومات التي تقع ضمن هذه المناطق مجموعة من الإجراءات الصارمة من أجل ترشيد استعمالها والمحافظة عليها واستغلالها في نطاق الاحتياجات الفعلية والضرورية. فمثلاً تؤدي طرائق الري التقليدية والقديمة كالري بالغمر للمحاصيل الزراعية إلى هدر وضياع كميات هائلة من المياه تفوق احتياجاتها الفعلية. كذلك يؤدي حفر الآبار العميقة وسحب المياه الجوفية إلى استعمالها في الزراعة بشكل جائر دون ترشيد إلى هدر مخزون المياه الجوفية، كما ويؤدي إلى زيادة ملوحة المياه ثم إلى تملح التربة، وهذا يؤدي نهاية المطاف إلى تدهور التربة.

- سوء استعمال أو سوء إدارة الأراضي الجافة: تتباين الأراضي الجافة فيما بينها في درجة ملائمتها للاستعمال، وتعرض الأراضي الجافة بشكل عام إلى سوء الاستعمال أو الإدارة. ويتم الاستعمال الأنسب للأراضي من خلال اتباع إدارة بيئية ملائمة تُحافظ على درجة خصوبتها وكفاءة إنتاجيتها (استدامتها) ومنع تدهورها، لكن سرعان ما تتدهور الأراضي الجافة نتيجة سوء استعمالها أو غياب الإدارة البيئية السديدة.
- عمليات التعدين والنشاط الصناعي: تُسهم الطرائق المختلفة لحفر المناجم تحت السطحية سلباً على التوازن البيئي من خلال تدهوره، كما أن أغلب المناجم وعمليات التعدين ستكون على حساب تراجع الأراضي الزراعية أو المراعي وهذا يؤدي إلى تراجع التنوع الحيوي وستؤدي بالتأكيد إلى خفض معدلات كفاءتها الإنتاجية، إضافة إلى الفضلات الناتجة عن عمليات التعدين والتي تهدد بدورها الموارد الطبيعية كافة من تربة ومياه سطحية أو جوفية نتيجة تلوثها.

10-10- الكوارث الطبيعية الناتجة عن التصحر:

- ينشأ عن حالات التصحر التي قد نشأت نتيجة أسباب طبيعية أو بشرية، مجموعة من الكوارث الطبيعية المرتبطة بها أهمها:
- تراجع التنوع الحيوي (النباتي والحيواني) نتيجة عدم ملائمة عدد كبير من الأنواع للظروف الجديدة أو بسبب هجرتها أو هلاكها.
 - تدهور الكفاءة الإنتاجية للتربة نتيجة تلوثها أو تملحها أو تفكك مكوناتها الحبيبة وانجرافها.
 - تدهور الغطاء النباتي والرعوي.
 - تراجع وتقلص مساحة الأراضي الزراعية.
 - اضطراب العمليات الجيومورفولوجية كالاحت والترسيب، وتغير معالم السطح الخارجي للأرض.
 - تراجع وانخفاض منسوب المياه الجوفية بسبب عدم ترشيد استعمالها.

- تملح المياه الجوفية نتيجة الضخ الجائر لها.
- تلوث الموارد الطبيعية البيئية كالهواء، والتربة، والماء.
- إثارة العواصف الترابية والرملية وانتشار ظاهرة زحف الكثبان الرملية.
- العجز الغذائي نتيجة نقص الموارد الغذائية النباتية.
- تراجع الثروة الحيوانية نتيجة تراجع المراعي أو الرعي الجائر.
- الاعتماد على استيراد المنتجات الزراعية والحيوانية للمحافظة على الأمن الغذائي للمناطق المتصحرة.
- انتشار الأمراض الوبائية نتيجة النقص الحاد للمياه.
- تدني مستوى الدخل للفرد وانتشار الفقر والمجاعات.
- هجرة التجمعات السكانية طلباً للماء والغذاء، وهرباً من شبح الموت.
- تدهور الوضع الاقتصادي وانتشار البطالة والجريمة.

10-11- طرائق الحد من آثار التصحر: وتتضمن كل من الإجراءات التالية:

- تحديد العوامل المسببة في عملية التصحر واتخاذ الإجراءات المناسبة لمكافحته والوقاية منه والتخفيف من حدة آثاره.
- تنفيذ مسوحات بيئية شاملة بغية تحديد الأسباب التي تؤدي إلى تدهور النظم البيئية.
- تقدير حقيقي وواقعي للموارد البيئية الطبيعية لكافة، بغية وضع خطط حقيقية تُحدد برامج الاستفادة من هذه الموارد بالشكل الأمثل.
- بناء المصاطب على طول المنحدرات وهذا يقلل من معدلات انجراف التربة.
- اتباع نظام الحراثة الكنتورية المتعمدة مع اتجاه انحدار السطح الخارجي للأرض، وهذا يساعد على خفض سرعة جريان مياه الري أو مياه الهطولات المطرية، ويحد من معدلات الانجراف المائي للتربة.

- إقامة المصدات الاصطناعية باتجاه الرياح من أجل الحد والتقليل من سرعتها للحد من معدلات الانجراف الريحي للتربة.
- اتباع نظام دورات المحاصيل الزراعية، مع مراعاة نوعية المحاصيل المزروعة.
- استعمال شبكات صرف جيدة للمياه الزراعية، بهدف منع تملح التربة أو تلوثها وعدم استعمال المياه الملوثة.
- اتخاذ إجراءات فورية لترشيد استعمال الموارد المائية المتاحة وضرورة المحافظة عليها وعدم هدرها، من خلال استعمال طرائق الري التقليدية القديمة "الري بالغمر" ووضع الخطط الكفيلة لتطوير وتنمية هذه الموارد.
- العناية والمحافظة على الغطاء النباتي والرعي وسن القوانين الضرورية الجائرة والملزمة والكفيلة بالمحافظة عليهما.
- تأسيس هيئات حكومية تهتم بإدارة الغابات والعناية بها ورصد ومتابعة كافة التجاوزات التي تؤدي إلى تدهورها.
- منع قطع الأشجار بغية استعمالها كمصدر للطاقة.
- تثبيت حركة الكثبان الرملية، وذلك بإقامة حواجز أسمنتية أو فولاذية تُعيق تقدمها، أو بتغطيتها بالمشتقات النفطية الصلبة "القار" أو بتشجيرها بأنواع نباتية مناسبة من حيث الطول والتفرع وقوة وكثافة المجموع الجذري وكذلك مُحتملة للظروف المناخية القاسية.
- الحد من التوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية.
- إقامة السدود على المجاري النهرية بهدف الحد من قوة الفيضانات والسيول للحد من انجراف الأراضي.
- العمل على جمع وتخزين مياه الفيضانات والسيول، بهدف استعمالها للأغراض الزراعية.
- التشجيع على استنباط سلالات نباتية مقاومة للجفاف "الزراعة الجافة" وتتميز باحتياجاتها المائية المحدودة.

- إضافة المادة العضوية للتربة وهذا يكفل احتفاظها بالماء الرطوبي فترات أطول ويرفع من درجة تماسك مكوناتها الحبيبية وبالتالي يحد من انجرافها.
- تطوير القدرات البشرية باستعمال التقانات الحديثة، وتدريب المختصين عليها، ولا سيما فيما يتعلق بمكافحة التصحر مثل نظام الاستشعار عن بعد والتصوير الجوي وطرائق البحث عن المياه الجوفية.
- نشر الوعي البيئي بين المواطنين ولا سيما المزارعين وأصحاب المواشي والرعاة من أجل الحفاظ على الموارد البيئية الطبيعية، عن طريق طرح هذه القضايا في وسائل الإعلام المقروءة والمسموعة والمرئية، وإدراج المفاهيم البيئية الأساسية ضمن مقررات التربية البيئية الدراسية.



11- الفصل الحادي عشر

زوال الغابات

11-1- المقدمة:

تُعد مشكلة تدهور أو زوال الغابات في الوقت الحالي من الكوارث الخطيرة على المستوى العالمي، حيث إنها تتطلب وعياً ببنياً من الجميع وعلى جميع المستويات للحد منها ومنعها وكذلك وقف جميع الممارسات التي تؤدي إلى تدهورها أو زوالها وتقلص مساحاتها. فقد أورد تقرير منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة "FAO" عام 2014م، أن أربعة أخماس الغابات التي كانت تغطي الأرض تعرضت إلى التدهور أو إلى الإزالة نتيجة الحرق أو الاحتطاب أو القطع الجائر أو التوسع العمراني أو نتيجة استعمالات أخرى، فقد تم إزالة نحو 16 مليون هكتار من الغابات سنوياً خلال عقد تسعينيات القرن الماضي. وعلى الرغم من أن هذه المساحات قد انخفضت إلى نحو 13 مليون هكتار خلال الفترة بين 2000-2010م، نتيجة البرامج الطموحة لغرس الأشجار لدى العديد من البلدان مثل: الصين، والهند، والولايات المتحدة، وفيتنام، إلا أن استمرار تقلص مساحة المناطق الغابية سيؤدي إلى درجة تهدد الظروف المناخية وتعرض حياة الإنسان وكذلك جميع الكائنات الحية على الكرة الأرضية إلى الخطر المحدق.

حذر تقرير منظمة الأغذية والزراعة من أن نسبة تدهور وإزالة الغابات لا زالت جداً مرتفعة لدى العديد من البلدان، وأوصى أن على جميع البلدان والحكومات أن تعزز وتكثف جهودها المبذولة لحماية وصيانة الغابات من أجل المحافظة عليها.

11-2- أهمية الغابات:

للغابات على جميع المستويات المحلية والإقليمية والعالمية أهمية يُمكن توضيحها على النحو الآتي:

- يقطن في الغابات حول العالم قرابة 300 مليون نسمة.
- تُعدّ تبعاً لتقرير مُنظمة الأغذية والزراعة "FAO" مصدر الرزق لنحو 1.6 مليار شخص
- تُؤوي ملايين النظم الإيكولوجية وأكثر من 70% من الأنواع الحية النباتية والحيوانية على الأرض.
- تُسهم في تحقيق التوازن البيئي.
- تُؤدي دوراً مهماً في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتنظيم دورة المياه في الطبيعة.
- تُعدّ المصدر الرئيس لإنتاج غاز الأكسجين، فقد ثبت أن 1 كم² من الغابة يُطلق 10 طن من الأكسجين يومياً.
- تُسهم بشكل فعال في المحافظة على التربة من الانجراف.
- تُؤثر على المناخ المحلي وتُساهم في تلطيفه.
- تُساعد على خفض الضجيج والضوضاء.
- تُسهم في تنقية وفلترة الهواء وخفض مُعدلات تلوث الغلاف الجوي بترسيب الغبار. فقد أثبت العلماء أن هكتاراً واحداً من الغابة قادر على ترسيب تسعة أطنان من الغبار وهذا يُساهم في خفض نسبة الغبار في الغلاف الجوي المحيط بالغابة بنحو 30-40%، كما لاحظ العلماء أن مُعدلات ترسيب الغبار من الغلاف الجوي تختلف تبعاً لاختلاف نوعية أشجار الغابة، فعلى سبيل المثال تستطيع غابات أشجار السرو ترسيب نحو 30 طن/هكتار في السنة من الغبار، بينما تُرسب غابات الصنوبر نحو 50 طن/هكتار في السنة (شكل-58).
- تُسهم في التقليل من مخاطر الفيضانات والسيول إذ إن الأمطار عند تساقطها على المناطق الغابية لا تصل إلى التربة مباشرة حيث تظل قرابة 60% من هذه التساقطات عالقة بالأوراق ثم تحد من عملية انجراف التربة.

- تُسهم في حماية المحاصيل الزراعية من الرياح.
- تُؤمن الحماية الكافية والضرورية للمدن والقرى من زحف الرمال والكثبان الرملية عليها.
- تُعد مصدراً رئيساً لصناعة الأخشاب، والفحم النباتي، والأدوية الطبية والعديد من الصناعات الأخرى.
- تُسهم في رفاهية الشعوب من خلال دورها في تنويع الإنتاج والتنمية الصناعية وتوفير فرص للعمل كبيرة ومُتنوعة.

شكل-58: رسم يصور الغابات وكأنها رئة العالم، وهذه الرئة تتنفس وتتآكل.

11-3- أسباب زوال الغابات: تُواجه الغابات عدة أسباب تؤدي إلى تدهورها أو زوالها كلياً أهمها:

11-3-1- الحرائق: يتم زوال مساحات شاسعة من الغابات تُقدر بنحو عدة ملايين من الهكتارات كل سنة نتيجة الحرائق التي تكون في أغلب الحالات شديدة لا يمكن السيطرة عليها (شكل-59)، وتحدث حرائق الغابات نتيجة أسباب بشرية أو أسباب طبيعية، مع العلم أن أغلب حرائق الغابات حول العالم تحدث نتيجة الأنشطة البشرية، والتي يمكن أن نتباين بين:

➤ أسباب مُتعمدة (إجرامية): حيث يتعمد بعض ضعاف النفوس إلى حرق الغابة بغية استملاكها لاحقاً.

➤ أسباب مُتعمدة تجارية: ويتم حرق الغابة لأسباب تجارية صرفة حيث يعتمد بعض المواطنين إلى حرق أجزاء من الغابة بغية تحويل خشب أشجارها لفحم ومن ثم بيعه والمُتاجرة به.

➤ نتيجة الإهمال واللامبالاة: يجمع بعض المزارعين المقيمين على الأجزاء الهامشية للغابة القش والأعشاب الضارة والشجيرات الصغيرة الجافة في مزارعهم على هيئة أكوام، ثم يتم التخلص منها بطريقة الحرق، فيتطاير شرر النيران مُمتداً للغابة المُجاورة ويعجزون عن السيطرة عليه، فتكون النتيجة التهام النيران أجزاء واسعة من الغابة، أو نتيجة لا مبالاة بعض العابرين أو المُتزهين في الغابة كرمي أعقاب السجائر أو تركهم لبعض القطع المعدنية المصقولة أو الزجاجية والمرايا والتي تتمركز في بُؤرتها أشعة الشمس وتنعكس عنها مسببة اندلاع الحرائق، أو لهُو بعضهم الآخر بالألعاب النارية أو تركهم لبقايا مواقد الفحم مُشتعلة.

➤ نتيجة الإهمال التقني: وتتشأ عادةً نتيجة تهاوي أبراج نقل التيار الكهربائي عالي الجهد وتماس أسلاكه، أو نتيجة عمليات التعدين واستخراج المواد الطبيعية الخام.

حـ الأسباب الطبيعية لحرائق الغابات: ومن أهمها تلك الناتجة عن المقذوفات البركانية الملتصقة، أو الناتجة عن تساقط الشهب، أو الناتجة عن البرق المرافق للعواصف الرعدية أو الناتجة عن فترات الجفاف الطويلة والشديدة، وخير مثال على ذلك اندلاع الحرائق التي قضت على مساحات شاسعة من الغابات الروسية واستمرت لعدة أيام في شهر آب من عام 2010م نتيجة المناخ الجاف والحر والذي لم تشهده روسيا منذ قرابة الألف عام. هذا وتتسبب حرائق الغابات في القضاء على الغطاء النباتي والكتلة الحيوية للغابات، وهذا يؤدي لاحقاً إلى تعرض التربة للانجراف بشكل كبير تحت تأثير الرياح والمياه، كما تتسبب الغازات المنبعثة عن تلك الحرائق في تلوث الغلاف الجوي والاحتباس الحراري.

11-3-2- أسباب إنسانية: كأعمال الإحتطاب وقطع الأشجار لأغراض البناء وشق الطرقات والتي تتم على نحو غير منظم (شكل-60).

شكل-60: صورة لإحدى نتائج أعمال الإحتطاب.

11-3-3- القطع الجائر لأشجار الغابات: شهد العالم منذ الثورة الصناعية ولا سيما في العقود الأخيرة تزايداً مضطرباً ومتسارعاً لعمليات قطع الأشجار، من أجل تلبية كافة الاحتياجات الصناعية، كصناعة المنازل، والأثاث المنزلي، وعدد كبير من الأدوات واللوازم التي يحتاجها الإنسان، ومما لا شك فيه أن عمليات القطع الجائر لأشجار الغابات أسهمت في تفكك تربتها ثم تدهورها (شكل-61) .

11-3-4- الزحف والتوسع العمراني: كنتيجة مباشرة لتزايد عدد سكان المعمورة بصورة متسارعة، وانتشار عمليات الإعمار بصورة غير منظمة، وتزايد الزحف والتوسع العمراني للمدن على حساب الأراضي الزراعية والغابات، وتقلص مساحاتها تدريجياً، ومع استمرار الزحف والتوسع العمراني على هذا النحو، ستتحوّل كافة الغابات خلال فترة وجيزة إلى مناطق عمرانية، وسيؤدي الزحف العمراني أيضاً إلى حرمان تربتها من العناصر العضوية المغذية والضرورية لنمو نباتاتها ثم إلى تدهورها ثم تصحرها.

شكل-61: صورة لإحدى مراحل القطع الجائر لأشجار الغابات.

11-3-5- سوء إدارة الغابات: تعني إدارة الغابات ولا سيما إدارة الموارد الخشبية والتي تُحقق درجة جيدة من التوازن السنوي بين مُعدلات زراعة الأشجار وقطعها، بحيث يحقق هذا التوازن الذي يُعرف بالإنتاج المُستديم إنتاجاً مُستمراً من الأخشاب، ويتحقق ذلك بإدارة الغابات بحيث تتألف هذه الغابات من مساحات مُتساوية في الإنتاج لكل مجموعاتها العُمرية من البادرات وحتى الأشجار الناضجة، ويُطلق على علم زراعة الأشجار بهدف الإنتاج المُستديم مُصطلح تنمية ورعاية الغابات، ويتطلب الجانب التطبيقي لتنمية ورعاية الغابات مجموعة من المُتخصصين لديهم التأهيل والمعرفة التامة في أنواع الأشجار الحراجية كافة، وكذلك في أنواع وتغيرات المناخ وأنواع التربة واحتياجات الأشجار من الضوء والماء، وعلم الوراثة بُغية تحسين نوعية الأشجار ذات النمو المُحسن، وذات المُقاومة الجيدة للأمراض والآفات.

11-3-6- الحروب: تتسبب الحروب في تدمير الغابات بشكل مُباشر، نتيجة استعمال الدول المُتحاربة للأسلحة والعبوات والقنابل المتفجرة، بأحجامها وأنواعها وطاقتها التدميرية كافة، سواء أكانت ذرية نووية، أو كيميائية، أو بيولوجية أو جرثومية وتؤدي جميعها إلى تدهور أو هلاك أو حرق أو زوال ودمار شامل للغابات.

11-3-7- الحشرات الضارة والأمراض النباتية: تُعد كل من الحشرات والأمراض النباتية جزءاً لا يتجزأ من الغابات، كما أنها غالباً تؤدي وظائف ناعمة ومُهمة، حيث تسهم الحشرات الطفيلية والمُفترسة بتخليص الغابة من نسبة كبيرة من آفات الحشرية الضارة، كما تساعد أنواع كثيرة منها على تلقيح أزهار الأشجار وهذا يؤدي إلى الحصول على نسبة أعلى من البذور التي تُستعمل لاحقاً في تجديد وتوسيع رقعة الغابات، كما أن هناك بعض أنواع الحشرات كالنحل ودودة القز على سبيل المثال التي تكون قادرة على إنتاج مواد ذات قيمة اقتصادية عالية.

لقد شهدت العقود الأخيرة انتشاراً مضطرباً وسريعاً للحشرات الضارة وكذلك الأمراض النباتية، نتيجة زيادة حجم وسرعة وتنوع التجارة العالمية وزيادة فرص انتقال الحشرات الضارة والآفات والأمراض النباتية عبر العالم من جهة وكذلك التغيرات المناخية التي قد تسهم أيضاً في زيادة احتمالات انتشار الآفات وشدة تأثيرها وذلك بالنسبة للآفات المُستوطنة أو الدخيلة على حد سواء

من جهة أخرى، وهذا يؤدي إلى خفض معدل نمو الأشجار وكذلك التأثير السلبي على جودة منتجاتها الخشبية وغير الخشبية ثم خفض قيمة العائد التجاري لها.

11-3-8- الأمطار الحامضية: تؤدي الأمطار الحامضية إلى تدهور الغابات وزوالها بشكل كلي، حيث تكون قادرة على تعرية الأشجار من أوراقها (شكل-62)، كما تسهم في تفريق مكونات التربة الحبية وبعثتها ثم التسريع في انجرافها. هذا وتُسبب تقارير منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة "FAO" إلى أن الأمطار الحامضية تسببت في الضرر لنحو 30% من مساحة الغابات المنتشرة في السويد، بينما أصيبت جميع أراضي البلدان الأوروبية نتيجة الأمطار الحامضية بالضرر بنسب لا تقل عن 14%. وكذلك تأثرت الغابات المنتشرة شرقي الولايات المتحدة الأميركية بالأمطار الحامضية.

شكل-62: صورة لإحدى الغابات وقد تعرت أشجارها نتيجة تعرضها للأمطار الحامضية.

11-3-9- التغيرات المناخية: تؤثر الشروط المناخية المتطرفة "موجات الحرارة المتطرفة" وكذلك تغيرات مواسم وكميات الهطولات المطرية، وتكرار فترات الجفاف والقحط وتواتر الأحداث المناخية القاسية سلباً على غابات العالم، كما وتؤدي إلى الإسراع في تدهورها ثم زوالها.

11-4- الكوارث الطبيعية الناتجة عن زوال الغابات:

ينشأ عن إزالة وتدهور الغابات مجموعة من الكوارث الطبيعية ذات التأثير الواسع، أهمها:

- **التأثير على التنوع الحيوي "البيولوجي" الموجود في الغابات:** تُعد الغابات ولا سيما الغابات المدارية "غابات الأمازون، غابات حوض الكونغو، وغابات جزيرتي بورنيو وسومطرة" أكثر النظم الإيكولوجية تنوعاً على وجه الأرض، فعلى سبيل المثال يتسبب تدهور أو زوال أجزاء من الغابات المدارية "الاستوائية" في خسارة نحو 100 نوع من الكائنات الحية يومياً والتي لا يمكن تعويضها، كما أن قرابة 8000 نوع من الأشجار، أي نحو 10% من مجموعها الكلي مُهدد بالانقراض.
- **ظاهرة الاحتباس الحراري:** يُسهم زوال الغابات بانبعاث نحو 20% من مُجمل انبعاثات غازات الدفيئة، والتي تُسهم في دورها في الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية، بالإضافة إلى أن بعض الغازات المُنبعثَة تكون خطيرة وسامة وتؤدي إلى تلوث الغلاف الجوي.
- **تدهور وانجراف التربة ومن ثم التصحر:** يُسهم الغطاء النباتي في التقليل من معدلات انجراف التربة بشكل كبير، ويتناسب ذلك طردياً مع كثافة هذا الغطاء، فالغطاء النباتي يمنع قطرات المطر الساقطة من الارتطام المباشر بسطح التربة وبذلك يكون قد حدّ من انجرافها عن طريق الحبيبات المُتطايرة من ارتطام قطرات المطر بسطح التربة، كما يُسهم الغطاء النباتي في زيادة تماسك حبيبات التربة ومقاومتها للانجراف عن طريق المجموع الجذري الكثيف، أما الجزء العلوي من النبات فوق سطح التربة فيعمل على الحد من سرعة الجريان السطحي وهذا يُقلل من قدرته على جرف حبيبات التربة، كما أن جذور النباتات تُساعد على إيجاد مسام

كبيرة داخل التربة فيزيد من نفاذية التربة ثم زيادة الجزء المُشرب من الأمطار داخل التربة على حساب الجريان السطحي وهو ما يُحد أيضاً من مُعدل انجراف التربة.

- **الخسائر المادية الفادحة:** يتسبب زوال الغابات نتيجة الحرائق في خسائر مادية ضخمة نتيجة احتراق عدد هائل من الأشجار وبالتالي احتراق كميات ضخمة من الأخشاب.

11-5- طرائق الحد من زوال الغابات:

تعيدت قمة المناخ التي انعقدت بتاريخ 2014/9/23م برعاية الأمين العام لـهيئة الأمم المتحدة في مدينة نيويورك في الولايات المتحدة الأمريكية، بوقف زوال الغابات الاستوائية في العالم مع حلول عام 2030م، وذلك من خلال:

- تضافر الجهود والتعاون بين جميع المستويات "المحلية والإقليمية والدولية" للحد من تدهور وإزالة الغابات.
- وضع وتنفيذ برامج طموحة لزراعة وغرس الأشجار واسعة النطاق.
- إصدار حزمة من القوانين الرادعة "المحلية والإقليمية والدولية" الملزمة والرامية إلى حماية الغابات ومُعاقبة كل من يُسهم في تدهورها أو زوالها.
- وضع حراسة مُنظمة ومُنتقلة في مناطق الغابات تردع كل شخص يُلحق الضرر بالغابة.
- منع جميع الأعمال التي تُلحق الضرر بالغابات مثل: "الرعي، الاحتطاب، قطع الأشجار الجائر إقامة المخيمات، رمي النفايات، إشعال النار داخل الغابة.
- نقل جميع المشاريع الصناعية القريبة من مناطق الغابات الملوثة وإلى مناطق بعيدة عنها بهدف حمايتها من كافة أشكال التلوث الناتج عن تلك المصانع.
- تأهيل مُراقبين فنيين زراعيين، وظيفتهم مراقبة الحياة البرية في الغابة ومُلاحظة أي تجاوزات بشرية أو أي خلل أو إصابات حشرية أو أوبئة قد تُلحق الضرر بالغابة وإعلام الجهات المعنية لمُعالجتها.

- إنشاء معاهد تدريبية إقليمية للدراسات العليا في مجال الإدارة المتكاملة للغابات وتقديم الدعم التقني الحديث له.
- نشر الوعي الثقافي الذي يُبين أهمية وفوائد الغابات لصحة الإنسان والنظام البيئي، وذلك في وسائل الإعلام المرئية والمسموعة والمقروءة كافة.
- إنشاء وحدات ومراكز لإطفاء الحرائق تكون قريبة من الغابات، وشق طرق خاصة ضمن الغاية تسلكها عربات الإطفاء.



12- الفصل الثاني عشر

موجات الحرارة المتطرفة

حرارة حدية مرتفعة حرارة حدية منخفضة

12-1- المقدمة:

تُمثل موجات الحرارة المتطرفة "درجات الحرارة الحدية المتطرفة" ظواهر جوية مناخية متطرفة شديدة القوة وتتميز في حدوث اضطراب شديد لحالة الطقس، تنعكس على هيئة تغيرات حرارية حدية مفاجئة.

لقد وضح تقرير المنظمة العالمية للأرصاد الجوية التابعة للأمم المتحدة، على هامش مؤتمر المناخ لعام 2014م، أن كوكب الأرض يشهد ظروفاً مناخية متطرفة ومنها موجات الحرارة الحدية غير المسبوقة خلال العقد الأخير، ففي السابق تم ربط موجات الحرارة المتطرفة التي تشهدها بعض مناطق المعمورة مع التغيرات الفصلية العامة لأنماط الدورات الجوية، إلا أن تسارع وتكرارية حدوث الظواهر المناخية المتطرفة التي شهدها العالم لا سيما موجات الحرارة المتطرفة في العقود الخمسة الأخيرة وبشكل خاص في العقد الأخير كارتفاع درجات الحرارة بصورة غير معبودة على البلدان الأوروبية والأجزاء الشرقية من القارة الأمريكية الشمالية وغربي القارة الآسيوية صيفاً وانخفاضها بصورة حدية على بلدان اسيا الوسطى شتاءً، حث خبراء الرصد المناخي على البحث عن أسباب أخرى بعيدة عن تأثير نمط الدورة المناخية تقف وراء هذا التسارع في التكرارية، وتوصلت أبحاثهم إلى أن موجات الحرارة المتطرفة ترتبط ارتباطاً وثيقاً مع التغيرات المناخية التي يشهدها كوكب

الأرض ومع تزايد انبعاث غازات الدفيئة ولا سيما غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج بصورة رئيسة عن جميع أشكال احتراق الوقود الأحفوري "تفط، وغاز طبيعي، وفحم حجري" والذي يؤدي بدوره إلى إزدياد تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري، وكرست نوعاً من المناخ المضطرب في كثير من بقاع العالم، كما نتج عنها أيضاً ارتفاع في معدلات الهطولات المطرية وتكرار الفيضانات بين الأعوام 2008-2014م كفيضانات كل من الهند وباكستان وبنغلادش والصين والعواصف المدارية والأعاصير كإعصار كاترينا في الولايات المتحدة الأمريكية عام 2005م، وإعصار نرجس في مينيمار عام 2008م"، وكذلك اتساع رقعة الأراضي المتدهورة نتيجة الجفاف وارتفاع درجات الحرارة في كل من روسيا وحوض أريزونا في الولايات المتحدة الأمريكية وأستراليا وشرقي القارة الأفريقية، بالإضافة إلى انحسار وتراجع مساحة الأراضي الجليدية في منطقة القطب الشمالي، بينما وعلى النقيض تماماً شهدت القارة القطبية الجنوبية موجات حرارة حدية مُنخفضة غير مسبوقة. وبهذا الشأن ربطت نتائج أبحاث بعض علماء الرصد الجوي الأمريكي تسارع وتكرارية حدوث الظواهر المناخية المتطرفة التي شهدها العالم في السنوات القليلة الماضية مع ظاهرة النينو التي يتكرر حدوثها عادة كل بضعة سنوات، والنينو بالتعريف هو: "ظاهرة مناخية عالمية، تُشير إلى ارتفاع درجات الحرارة عن معدلاتها الطبيعية في منطقة المحيط الهادي، ولديها القدرة على التسبب بنشوء مجموعة من الكوارث الطبيعية المُدمرة في أرجاء المعمورة كافة كالاعاصير والعواصف المدارية وحالات الجفاف الشديدة وحرائق الغابات والفيضانات ونقص الغذاء العالمي والمجاعات... إلخ".

12-2- أنواع موجات الحرارة المتطرفة:

تُقسم موجات الحرارة المتطرفة إلى نوعين رئيسين هما:

الموجات الحرارية الحدية المرتفعة: ويسود خلالها فترات مُباغته من الطقس مُرتفع الحرارة وأحياناً مع نسب عالية من الرطوبة في منطقة ما، مقارنة مع الشروط "الظروف" المناخية الطبيعية السائدة والمُمثلة لتلك المنطقة، وهذا يؤدي إلى إلحاق الضرر بالنسل والحِث (شكل-3-6)، كما ويتضمن (الجدول-14) درجات الحرارة المرتفعة الحدية المُسجلة في أغلب بلدان العالم.

شكل-63: صورة تُظهر درجة تأثير درجات الحرارة الحدية المرتفعة على التربة والنبات.

جدول-14: درجات الحرارة الحدية المرتفعة المسجلة في أغلب بلدان العالم.

البلدة / المنطقة	المدينة/ الموقع	الحرارة بـ م°	التاريخ
شمال أمريكا	وادي الموت- كاليفورنيا	56.7	1913/7/10م
كندا	ساسكاتشوان	45	1937/7/10م
غرينلاند	مانتيسوق	25.9	2013/7/30م
المكسيك	سونورا	52	1966/7/6م
تونس	قبلي	55	1931/7/7م
الجزائر	تمنراست	50.6	2002/7/12م
الكاميرون	كوسيري	47.7	؟
تشاد	فايا لارغو	47.6	2010/6/22م
النيجر	بيلما	48.2	2012/6/23م
نيجيريا	يولا	46.4	2010/4/3م
جنوب أفريقيا	كيب الشرقية	50	1918م
السودان	دنقلا	49.7	2010/6/25م

زامبيا	مفوي	42.4	2010/10/13م
الكويت	الصليبية	53.6	2012/7/31م
بنغلادش	راجشاهي	45.1	1972/4/30م
بوتان	فوينتشلونغ	40	1997/8/27م
الصين	شينغيانغ	50.2	2011/7/14م
الهند	راجستان	50.6	1956/5/10م
العراق	الناصرية	53	2011/8/3م
اليابان	كوتشي	41	2013/8/12م
ماليزيا	شوبينغ	40.1	1998/4/9م
باكستان	السند	53.5	2010/5/26م
ميانمار	مينمو	47	2010/5/12م
الفلبين	وادي كاجايان	42.2	1912/4/12م
قطر	الدوحة	50.4	2010/7/14م
روسيا	بيلغورسك	42.3	2010/7/12م
السعودية	جدة	52	2010/6/23م
سنغافورة	سنغافورة	36	1998/3/26م
كوريا الجنوبية	دايغو	40	1942/8/1م
تايبوان	تايتونغ	40.2	2004/5/9م
تايلاند	أوتاراديت	44.5	1960/4/27م
تركيا	ماردين	48.8	1993/8/14م
أستراليا	أودوناتا	50.7	1960/1/2م
نيوزيلندا	مارلبورو	42.4	1973/2/2م
جزر سليمان	هونيافا	36.1	2010/2/1م
الأرجنتين	قرطبة	49.1	1920/1/2م
بوليفيا	فيلامونس	46.7	2010/12/29م
البرازيل	بيباوي	44.7	2005/12/21م

كولومبيا	كوندينا ماركا	42.3	2010/10/29م
باراغواي	بوكيرون	45	2009/11/14م
الأوروغواي	بايساندو	44	1943/1/20م
فينزويلا	سوليا	42	1982م
غواتيمالا	زاكابا	45	؟
الدومينيكان	ماو	43	1954/8/31م
كوبا	غوكارتيو	38.8	1999/4/17م
بورتو ريكو	أريسيبو	37.2	1985/6/25م
اليونان	أثينا	48	1977/7/10م
أندورا	أندورا لافيللا	38.5	؟
النمسا	التن بورغ	40.5	2013/8/8م
روسيا البيضاء	غوميل	38.9	2010/8/7م
بلجيكا	أوسيل	38.8	1947/6/27م
النمسا الهولندية	موسنار	43.2	1900/7/31م
بلغاريا	بلوفديف	45.2	1916/8/5م
كرواتيا	بلوتشي	42.8	1998/8/5م
قبرص	فكونيكو	46.6	2010/8/1م
التشيك	براغ	40.4	2010/2/8/20م
الدنمارك	هولستينرو	36.4	1975/8/10م
استونيا	فورو	35.6	1992/8/11م
فنلندا	لييري	37.2	2010/7/29م
فرنسا	كونكوراك	44.1	2003/8/2م
ألمانيا	بافاريا	40.3	2015/8/7م
هنغاريا	كيسغوندالز	41.9	2007/7/20م
آيسلاند	ديجوبيفوجر	30.5	1939/6/22م
إيرلندا	كيلكيني	33.3	1887/6/26م

إيطاليا	صقلية	48.5	1999/8/10م
لاتفيا	فيكسبيلس	37.8	2014/8/4م
ليتوانيا	أوتينا	37.5	1994/7/30م
مقدونيا	ديمير كايا	45.7	2007/7/24م
مالطا	مالطا	43.8	1999/8/9م
مولدوفا	فاليسني	42.4	2012/8/7م
الجبل الأسود	دانيوفغراد	44.8	2007/8/16م
هولندا	فرانسفيلد	38.6	1944/8/23م
النرويج	يوسكيرود	35.6	1970/6/20م
بولندا	بروسكو	40.2	1921/7/29م
البرتغال	باجة	47.4	2003/8/1م
رومانيا	برايلا	44.5	1951/8/10م
روسيا	كالميكيا	45.4	2010/7/12م
صربيا	سميديرفيسكا بالانكا	44.9	2007/7/24م
سلوفاكيا	هورمانوفو	40.3	2007/7/20م
سلوفينيا	سيركلي أوب كركي	40.8	2013/8/8م
إسبانيا	مورسيا	47.2	1994/7/4م
السويد	كالمار	38	1933/7/9م
سويسرا	غرونو	41.5	2003/8/11م
أوكرانيا	هانسك	42	2010/8/12م
إنكلترا	كينت	38.5	2003/8/10م
إيرلندا الشمالية	بلفاست	30.8	1983/7/12م
أسكتلندا	كريكروك	32.9	2003/8/9م
ويلز	فلينتشير	35.2	1990/8/2م
القطب الجنوبي	شبه جزيرة الثالوث	17.5	2015/3/24م
القطب الجنوبي	أمنسن سكوت	12.3-	2011/12/25م

الموجات الحرارية الحدية المنخفضة: ويسود خلالها نتيجة الاجتياح المُباغت لتيارات الهواء قارصة البرودة، ولأوقات مُتفاوتة، وطقس شديد البرودة، وقد يُصاحب بعض الأحيان مع موجات صقيع وهذا يؤدي إلى إلحاق الضرر بالزراعة (شكل-64) والبنية التحتية والممتلكات، هذا ويتضمن (الجدول-15) درجات الحرارة المنخفضة الحدية المسجلة في أغلب بلدان العالم.

شكل-64: صورة تُظهر إصابة أوراق النبات بالصقيع.

جدول-15: درجات الحرارة الحدية المنخفضة المسجلة في أغلب بلدان العالم.

البلدة / المنطقة	المدينة/ الموقع	الحرارة بـ °م	التاريخ
القطب الجنوبي	محطة فوستوك	-89.2	1983/7/21م
القطب الجنوبي	محطة أمدسن سكوت	-82.8	1982/6/23م
روسيا	فيرخويانسك	-68	1892/2/7م
روسيا	أويمياكون	-68	1933/2/6م
باكستان	سكاردو	-24.1	1995/1/7م
الصين	بلدة موهي	-52.3	1969/2/13م

الهند	دراس	52-	1911/3/22م
الهند	لاداخ	33.9-	1911/3/22م
إيران	سقز	36-	1969م
العراق	الموصل	17.6-	1911/1/24م
اليابان	هوكايدو	41.0-	1902/1/25م
ماليزيا	مرتفعات الكامبيرون	7.8	1978/2/1م
نيبال	جبل ايفرست	45.0-	1999/5/15م
كوريا الشمالية	شانغانشن	43.6-	1933/1/12م
كوريا الجنوبية	يانغ بيونغ	32.8-	1981/1/5م
الفلبين	باغيو	6.3	1961/1/18م
تايلاند	ساكون ناخون	1.4-	1974/1/2م
تركيا	أرداهان	50.3-	1941/1/14م
غرينلاند	الجليد الشمالي	66.1-	1954/1/9م
كندا	يوكون	63-	1974/2/3م
المكسيك	تشيخواهوا	29-	1962/1/11م
أمريكا	ألاسكا	62-	1971/1/23م
أمريكا	مونتانا	57-	1954/1/20م
روسيا	جمهورية كومي	58.1-	1978/1/31م
ألبانيا	فوسكوبوجي	27.5-	1967/1/27م
النمسا	غراندلوش دولين	47.1-	1932/2/19م
روسيا البيضاء	فوبلاست	42.2-	1940/1/17م
بلجيكا	روشفور	30.1-	1940/1/20م
البوسنة والهرسك	هضبة ايغمان	42-	1963/1/24م
بلغاريا	تران	38.3-	1947/1/25م
كرواتيا	تشاكوفيتش	35.5-	1929/2/3م
التشيك	ليتيغيفوس	42.2-	1929/2/11م

الدنمارك	أمانة نيسند	31.2-	1982/1/8م
استونيا	جوجيفا	43.5-	1940/1/17م
فنلندا	لابلاند	51.5-	1999/1/28م
فرنسا	دويس	41.0-	1985/1/17م
ألمانيا	بافاريا	45.9-	2001/12/24م
اليونان	بثولميذا	27.8-	1967/1/27م
هنغاريا	كورومبوليتا بولكا	35.0-	1940/2/16م
أيسلندا	غريمستاوار	37.9-	1918/1/21م
أيرلندا	بلدة سليغو	19.1-	1881/1/16م
إيطاليا	بوسا فرادوستا	49.6-	2013/2/10م
لاتفيا	داوغاف	43.2-	1956/2/8م
ليتوانيا	أوتينا	42.9-	1956/2/1م
مقدونيا	بيروفو	31.5-	1954/1/27م
مالطا	مطار مالطا	1.4	1981/1/29م
هولندا	فينترسفيع	27.4-	1942/1/27م
النرويج	فينمارك	51.4-	1886/1/1م
بولندا	سيدلس	41.0-	1940/1/11م
البرتغال	بلدية كوفيل	16.0-	1945/1/16م
رومانيا	بود	38.5-	1942/1/25م
صربيا	زلاتيبور	39.5-	1985/1/13م
سلوفاكيا	فيلغاس بستروسا	41.0-	1929/2/11م
سلوفينيا	بابنو بولني	34.5-	1956/2/15م
إسبانيا	إيستاني خينتو	32.0-	1956/2/2م
السويد	فاستيربوتن	53.0-	1943/12/13م
سويسرا	لايفرين	41.8-	1987/1/12م
أوكرانيا	هانسك	41.9-	1935/2/8م

1898/2/11م	27.2-	أبردينشاير	إنجلترا
1995/12/30م	26.1-	ساذرلاند	أسكتلندا
1982/1/10م	26.1-	نيوبورت	إنجلترا
2010/12/24م	18.7-	كاستيلدرغ	إيرلندا الشمالية
1940/1/21م	23.3-	رايدير	ويلز
1972/7/17م	39-	سان خوان	الأرجنتين
1946/8/4م	25.7-	أويوني	بوليفيا
1952/6/1م	14-	سانتا كاتارينا	البرازيل
2002/6/21م	37-	كوبهايكيو	تشيلي
2000/7/13م	7.5-	بوكيرون	باراغواي
1966/6/30م	25.2-	بونو	بيرو
1967/6/14م	11-	ميلو	الأوروغواي
?	11-	ميريدا	فنزويلا
1935/2/11م	24-	إفران	المغرب
1945/1/4م	20-	باتنة	الجزائر
1967/6/12م	20.4-	موغوتلنغ	ليسوتو
2013/8/23م	20.1-	بوفيلسفونتين	جنوب أفريقيا
1903/7/18م	25.6-	رانفورلي	نيوزيلندا
1994/6/29م	23-	شارلوت باس	أستراليا
?	11.5-	أولينتبغ	غواتيمالا
1983/1/17م	7-	كونستانزا	الدومينيكان
1996/2/18م	0.6	مايابوغ	كوبا

12-3- الكوارث الناتجة عن موجات الحرارة المتطرفة:

- عدد من الوفيات نتيجة إما ضربات الشمس أو البرد الشديد "القارص".
- نفوق عدد كبير من الحيوانات.
- هلاك عدد كبير من النباتات.
- انخفاض الكفاءة الإنتاجية للثروة النباتية.
- تردي الكفاءة الإنتاجية للثروة الحيوانية.
- نقص الموارد الغذائية والتسبب في المجاعات.
- تراجع الناتج الاقتصادي والتسبب في الفقر.
- تعطيل أو توقف أغلب الرحلات الجوية والبحرية.
- عرقلة أو توقف حركة المواصلات البرية.
- تدمير المنشآت والبنى التحتية.
- تحطم شبكة مياه الشرب.
- تحطم شبكة مياه الصرف الصحي.
- تحطم شبكة مياه الصرف الزراعي.
- تحطم أو قطع شبكة نقل الكهرياء.
- الانزلاقات والانهيارات الجليدية.
- الانزلاقات الطينية.

12-4- طرائق مكافحة الآثار السلبية الناتجة عن موجات الحرارة المتطرفة:

- رفع سوية الوعي البيئي لدى المجتمعات السكانية، حول أسباب موجات الحرارة المتطرفة وطرائق الحد منها، من أجل حماية المنظومة البيئية ككل.
- المحافظة على الغابات والاعتناء بالغطاء النباتي وسن القوانين والتشريعات التي تكفل حمايتها وبفائها.

- الحد من الزحف والتوسع العمراني على حساب الأراضي الزراعية وتقلص الغطاء النباتي.
- صيانة قطاعات التربة والمحافظة عليها من التدهور والإنجراف.
- استنباط أصناف جديدة من أصناف الحبوب تتسم بتحملها للجفاف والحرارة المرتفعة بكفاءتها الإنتاجية العالية.
- اتباع نظام الدورات الزراعية، المخطط لها بشكل جيد بهدف الحد من إنجراف وتعرية التربة.
- الحد من استهلاك الوقود الأحفوري كمصدر رئيس للطاقة والاستعاضة عنه باستعمال الوقود الحيوي الصديق للبيئة.
- الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة النظيفة والصديقة للبيئة مثل: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر وطاقة حرارة الأرض الجوفية.
- الحد من انبعاث الغازات الناتجة عن المنشآت الصناعية وعوادم الآليات، الملوثة للغلاف الجوي والمُسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.

13- الفصل الثالث عشر

ذوبان التوضعات الجليدية والتلجية

13-1- المقدمة:

يزداد ذوبان التوضعات الجليدية والتلج المُنشرة في قطبي الكرة الأرضية "مناطق العروض العليا" وكذلك في المناطق الجبلية الباردة يوماً بعد يوم، فيرتفع منسوب مياه البحار والمحيطات، ويتم طغيان مياهها لتغمر جميع المدن الساحلية المنخفضة وكذلك يختفي عدد كبير من الجزر المحيطية منخفضة الارتفاع.

يتكاثف بخار الماء الجوي عندما تنخفض درجة حرارة الجو لما دون الصفر المئوي ويتجمد متحولاً إلى بلورات من الثلج، وعندها تتساقط الهطولات المطرية على هيئة تلوج، إلا أن معظم هذه التوضعات لا تثبت أن تذوب عند ارتفاع درجة حرارة الجو، يُستثنى من ذلك التوضعات الثلجية المنتشرة فوق قمم الجبال المرتفعة وجزيرة غرينلاند وآلاسكا وكندا والأجزاء الشمالية من أوروبا وقارة المحيط المتجمد الجنوبي أنتاركتيكا Antarctica في تُشكل غطاءً ثلجياً دائماً نتيجة استمرار انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون درجة تجمد الماء، وعندما تتراكم التوضعات الثلجية مع مرور السنوات فإنها تتصلب نتيجة تزايد الثقل والضغط عليها وتتحول إلى توضعات جليدية، تصل ثخانتها إلى نحو 3 كم.

ينتشر قرابة 96% من التوضعات الجليدية على بعض قمم المناطق الجبلية المرتفعة وجزيرة غرينلاند (10.2.95)⁶ والقارة القطبية الجنوبية أنتاركتيكا (10.29)⁶، وتُغطي نحو 10% من مساحة الأجزاء اليابسة من الكرة الأرضية، أي ما يُعادل نحو 15⁶ كم²، أما الـ 4% المتبقية (10.0.18)⁶ فتنتشر في المناطق الجبلية الباردة في بقية خطوط العرض المختلفة (شكل-65).

شكل-65: مواقع إنتشار التوضعات الجليدية والتلجية على سطح المعمورة.

13-2- أسباب ذوبان التوضعات الجليدية والتلوج:

13-2-1- النشاط البركاني والبراكين:

يُمثل عدد كبير من المخاريط البركانية الخامدة، القاعدة التي تتركز عليها ثخانات مُعتبرة من التوضعات الثلجية والجليدية، وعند عودة النشاط للبركان وصعود المُهل من باطن الأرض، تبدأ هذه التوضعات بالإنصهار والذوبان فتتحرر الطبقات الجليدية وتتكمش وتتقلص وفي أحيان كثيرة تختفي وتزول.

13-2-2- التغيرات المناخية، وارتفاع درجة حرارة الأرض:

تُشير بعض نتائج معهد بوتسدام للدراسات المناخية أن ارتفاع درجات الحرارة بمقدار 0.8م° سيكون كافياً لإذابة جميع التوضعات الجليدية والثلجية المُنتشرة في غرينلاند، كما يؤكد باحثو المعهد على أنه كلما ازداد ارتفاع درجات الحرارة كانت سرعة انصهار وذوبان الجليديات والتلوج أعلى.

حدد الاتحاد العالمي للدراسات المناخية ضمن تقريره الرابع لعام 2005م تباينات درجة حرارة السطح الخارجي لكوكب الأرض بين عامي 1850-2005م ووثق أنه خلال مئة السنة الأخيرة

أي بين عامي 1906-2005م ارتفع متوسط درجة حرارة السطح الخارجي للأرض مقدار 0.74 م°، كما أشارت نتائج الأبحاث أن ارتفاع درجة حرارة سطح الكرة الأرضية في العقد الأخير من القرن الحادي والعشرين لن تكون متساوية في خطوط العرض كافة، وستكون أعلى ما يمكن في خطوط العرض المرتفعة (شكل-66) بينما تكون أقل ما يمكن في الأجزاء الجنوبية لقارتي إفريقيا وأمريكا الجنوبية، وعليه تم الإستنتاج أن التوضعات الجليدية والثلجية المنتشرة في الأجزاء الشمالية من كوكب الأرض "المحيط المتجمد الشمالي Arctica"، ستكون أكثر عرضةً للذوبان وأسرع من بقية التوضعات الجليدية والثلجية المنتشرة في الأجزاء الأخرى من كوكب الأرض، كما يؤكد العلماء أن النصف الشمالي للكرة الأرضية يزداد سخونةً بشكل أسرع من نصفها الجنوبي وفسروا ذلك أن نسبة تكوين الجزء الشمالي من القارات أكبر وبالتالي فهو يتأثر بشكل أسرع بالتغيرات المناخية مقارنة مع الجزء الجنوبي حيث تكون نسبة تكوينه من المحيطات هي الأكبر، كما يعتقد بعض الباحثين أن المحيط المتجمد الشمالي سيكون خالياً من التوضعات الجليدية والثلجية بصورة تامة بين عامي 2059-2078م وذلك نتيجة ارتفاع معدلات درجة الحرارة العامة للأرض.

تم التأكد من تمام صحة الإستنتاج الأخير نتيجة تحليل بيانات الصور الجوية الفضائية، فقد لوحظ أن مساحة الجليد في القطب الشمالي بلغت في عام 2006م نحو 5 مليون كم² مقابل 6.5 مليون كم² في عام 1996م وتُعادل المساحة التي اختفى منها الجليد خلال الأعوام العشرة مساحة أوروبا الغربية بالكامل. إضافة إلى ذلك أكد المعهد العالي للبحوث البيئية البريطاني أنه خلال السنوات الثلاث الأخيرة تم مراقبة ذوبان بعض البحيرات الجليدية في القارة القطبية الجنوبية بمعدلات أسرع من التي كانت متوقعة وتم متابعة ذلك أيضاً من قبل الأقمار الإصطناعية التابعة لوكالة ناسا الأمريكية (شكل-67)، كنتيجة مباشرة للتغيرات المناخية، وهذا يؤدي إلى ارتفاع منسوب مياه البحار والمحيطات تبعاً لتوقع العلماء بين 20-50سم بحلول عام 2100م، الأمر الذي سيهدد مدناً ساحلية كثيرة.

شكل - 66: خارطة العالم، ومعدل ارتفاع درجة حرارة السطح الخارجي لكوكب الأرض في العقد الأخير من القرن الواحد والعشرين.

شكل - 67: صورة فضائية مأخوذة من قبل وكالة ناسا عام 2012م، تُظهر تسارع ذوبان البحيرات الجليدية في القارة القطبية الجنوبية.

13-2-3- الإنبعاث المتزايد لغازات الدفيئة:

لقد أثبتت عمليات رصد انبعاث غازات الدفيئة ارتفاع معدلات انبعاثها بشكل مُضطرد، فعلى سبيل المثال ارتفعت معدلات انبعاث مجموع كل من غاز ثنائي أكسيد الكربون، والميثان، والفور، وأكاسيد الآزوت" والمُسببة الرئيسة لظاهرة الاحتباس الحراري بين عامي 1970-2005م على النحو المُوضح في الجدول الآتي (جدول-15).

جدول-15: معدل مجموع غازات الدفيئة المنبعثة من الأرض.

العام	1970م	1980م	1990م	2000م	2005م
كمية الغازات المنبعثة بما يكافئ 10 ⁹ طن CO ₂	28.7	35.3	39.4	44.7	49.2

13-3- الكوارث الطبيعية الناتجة عن ذوبان التوضعات الجليدية والثلوج:

- تقلص مساحة وحجم التوضعات الجليدية والثلوج الذي يؤدي إلى النقص في المخزون الاستراتيجي العالمي لمياه الشرب العذبة.
- اختفاء عدد كبير من الجزر المحيطية المنخفضة من على الخارطة الجغرافية لسطح كوكب الأرض.
- تدمير وغرق عدد كبير من المناطق والمدن الساحلية نتيجة ارتفاع مستوى سطح البحار والمحيطات.
- امتصاص كميات أكبر من حرارة الشمس من قبل الأراضي والمحيطات القطبية وهو يؤدي إلى الاسراع في وتيرة ارتفاع درجة الاحترار العالمي.
- فقدان مساحات كبيرة من الأراضي الزراعية الساحلية نتيجة طغيان مياه البحار والمحيطات عليها.
- الضرر بعدد كبير من المحاصيل الزراعية نتيجة غرقها.

- الهجرة القسرية لعدد كبير من الأهالي والسكان المقيمين في الجزر أو المدن والمناطق الشاطئية المنخفضة والذي تُقدر نسبتهم بنحو عُشر سكان المعمورة الكلي.
- انتشار حوادث الانهيارات والانهيالات الثلجية والجليدية وما ينجم عنها من مخاطر وكوارث.
- اختفاء وانقراض أنواع فريدة من حيوانات البيئة القطبية، كالدب القطبي، والفقمة والبطريق.
- التأثير السلبي في الأمن الغذائي نتيجة انخفاض مردود الإنتاج النباتي والحيواني.
- تغير النظام البيئي البحري وما ينشأ عنه من نتائج بالنسبة إلى مناطق صيد الأسماك ذات الأهمية العالمية.
- ظهور الأزمات الاقتصادية الخائفة.
- التأثير في التركيب الكيميائي لمياه البحار والمحيطات وخفض معدلات تركيزها الملحي.
- انتشار مظاهر البطالة والفقر والتشرد والجوع.
- الإسهام في فتح ممرات مائية عالمية جديدة قد تؤدي إلى تغيير أو الاستغناء عن طرق الملاحة البحرية الحالية.

13-4- طرائق الحد من ذوبان التوضعات الجليدية والثلوج:

- تضافر الجهود والتعاون بين جميع المستويات المحلية والإقليمية والدولية للحد من العوامل المسببة لذوبان التوضعات الجليدية والثلجية.
- الحد من استعمال الوقود الأحفوري بكافة أشكاله "نפט، وغاز طبيعي، وفحم حجري" إلى الحدود الدنيا.
- الحد من انبعاث غازات الدفيئة والمسؤولة بشكل مباشر عن ظاهرة الاحتباس الحراري، من خلال اعتماد سياسات دولية مُمنهجة تؤمن خفض غازات الدفيئة بمعدل يُراوح بين 3-6 % سنوياً وتضمن وسائل التحقق من ذلك.
- الاعتماد على الطاقة النظيفة كالطاقة الشمسية، وطاقة المد والجزر، وطاقة الرياح والكتلة الحية، التي يُمكنها أن تعزز النمو الاقتصادي وفي الوقت نفسه تُقلص من معدل انبعاث غازات الدفيئة.

الباب الرابع

الكوارث الطبيعية بيولوجية المنشأ

الفصل الرابع عشر:

الكوارث البيولوجية Biological Hazards.



14- الفصل الرابع عشر

الكوارث البيولوجية

14-1- المقدمة:

تتنوع الكوارث البيولوجية وتتباين بين الأمراض والأوبئة التي تطال المجتمعات البشرية وتؤدي إلى وفاة الملايين منهم سنوياً، أو تلك الأمراض والأفات التي يتركز تأثيرها المباشر على النباتات والمحاصيل الزراعية، أو أيضاً الكائنات الحيوانية من طيور أو مُجترات. سيقصر هذا الفصل على طرح أهم وأكثر الأمراض والأوبئة التي تؤثر مباشرة وبشكل كارثي في المجتمعات السكانية، علماً أن البعض منها يطال الحيوانات أيضاً كأمراض السل، وحمى الوادي المتصدع، والإيبولا، والجمرة الخبيثة، وبشكل مبسط وموجز، وبما يتوافق مع عنوان الفصل "الكوارث البيولوجية".

فقد فتكت بالجنس البشري منذ آلاف السنين مجموعة من الأمراض والأوبئة كالطاعون والسل والجذري والجذام والكساح، والملاريا والكوليرا والتي أدت إلى مصرع وهلاك الملايين من البشر قبل التوصل إلى علاج شافٍ لها، ورغم التطور العلمي الكبير في علم العقاقير واللقاحات والذي ساهم في علاج الكثير من هذه الأمراض، إلا أن العصر الحالي لا زال يعاني من أمراض وأوبئة جديدة تؤدي بحياة أعداد هائلة من البشر كالأمراض السرطانية، والجمرة الخبيثة، ومرض نقص المناعة المكتسبة "الإيدز"، و...إلخ. هذا ويعرف الوباء على أنه الزيادة المبالغتة وغير الاعتيادية في عدد

حالات الإصابات المرضية نتيجة مرض ما وضمن منطقة ما لم تشهد أو تُعاني منه سابقاً. وتُعرف مُنظمة الصحة العالمية الوباء على أنه انتشار وتفشى المرض بشكل غير مُتوقع، وهذا يستدعي الاستنفار، أي بمعنى آخر عندما يبدأ المرض في الإنتشار خارج حدوده الزمانية والمكانية المعتادة فإنه يتحول إلى وباء أي إلى كارثة حقيقية لما لها من مخاطر ومُنعكسات جسيمة على المُجتمع البشري.

14-2- الأمراض والأوبئة التي تطال الإنسان:

تتباين الأمراض التي تطال المُجتمعات البشرية بين الأمراض المُستوطنة "ثابتة الموطن" كمرض البلهارسيا في مصر، والملاريا في البلاد الاستوائية "المدارية" والإيدز في البلدان الإفريقية، والأمراض العابرة للموطن والتي تنتقل وتنتشر انتشار النار في الهشيم نتيجة العدوى.

14-2-1- مسببات الأمراض والأوبئة: تتباين الأمراض تبعاً لمُسبباتها سواء أكانت جرثومية "بكتيرية"، أو طفيلية أو فطرية أو فيروسية.

- أمراض مُسبباتها جرثومية "بكتيرية": وينجم عنها مجموعة كبيرة من الأوبئة والأمراض أهمها: الطاعون "الموت الأسود"، والسل، والحمى القلاعية، والكوليرا، والتهاب السحايا، وحمى التيفوئيد، والجذام، والجمرة الخبيثة.
- أمراض مُسبباتها طفيلية: ومن أهم أمراضها مرض الملاريا والبلهارسيا.
- أمراض مُسبباتها فطرية: وتتسبب في مجموعة من الأمراض أهمها المرض المُسمى "توليد ومايكس" وهذا المرض يُسبب التهابات جلدية وعظمية داخلية تؤدي إلى الوفاة.
- أمراض مُسبباتها فيروسية: وينشأ عنها عدد كبير من الأمراض أهمها: الجدري، والكساح "الشلل"، والحمى الصفراء، وفيروس غرب النيل، وحمى الضنك، وحمى الوادي المُتصدع، والتهاب الكبد الوبائي، الحصبة والحصبة الألمانية.

14-2-2- نواقل الأمراض والأوبئة الفتاكة:

تتنوع ناقلات الأمراض بصورة كبيرة وتشمل على الحشرات كالبعوض، والدُّباب، والقمل، والصراصير، والبراغيث، والقوارض كالجرذان، والمُجترات كالأبقار والقطط والكلاب والقرود والخنازير.

14-2-3- أهم الأمراض الوبائية:

14-2-3-1- الطاعون Plague: ويُطلق عليه أيضاً أسماء أخرى كالموت العظيم أو الموت الأسود أو الطاعون الأسود ويُصنف ضمن مجموعة الالتهابات الجرثومية "البكتيرية" وتسببه جرثومة *Yersenia pestis* الطاعونية. وهو من الأمراض المعدية الوبائية الفتاكة والقاتلة الأكثر انتشاراً في القرون القديمة والوسطى، حيث يُعتقد أن وباء مرض الطاعون أدى وخلال خمسة سنوات فقط "1346-1351م" إلى خفض سكان العالم في ذلك الوقت من 450 مليوناً إلى 350 مليوناً، فلقد أودى في نصف عدد سكان الصين التي انطلق منها الوباء إلى بقية أنحاء العالم وخفض عددهم من نحو 123 مليون إلى 65 مليون نسمة، كما وأودى بحياة نحو 20 مليون إنسان في أوروبا فقط أي نحو ثلث سكان القارة في ذلك الوقت، أما في مصر على سبيل المثال فقد أدى وباء الطاعون إلى انخفاض عدد سكانها من ثمانية ملايين نسمة عام 1346م إلى ثلاثة ملايين فقط عام 1805م، ثم اختفى وباء الطاعون ثم عاود الظهور في فترات مُتفاوتة ويعتقد العلماء أن وباء الطاعون لا يزال مُستوطناً في بعض الأرجاء من العالم.

14-2-3-2- السل Tuberculosis: ويُسمى أيضاً مرض الدرن أو التدرن كما ويُعرف أيضاً بالاسم المُختصر (TB)، وهو مرض جرثومي معدٍ خطير تسبب فيه جرثومة تُدعى عُصية كوخ، يُصيب الرئتين بصفة خاصة، لكنه قد يُصيب أعضاء الجسم الأخرى كالمفاصل والغدد الليمفاوية والأمعاء والجلد والمُخ والجهاز التناسلي للذكر والأنثى على حدٍ سواء كما أن الإصابة به لا تقتصر على عمر مُحدد بل يظال جميع الأعمار ولكن تشد خطورته على الأطفال دون الخامسة والبالغين من 15-25 سنة. تُشير تقارير منظمة الصحة العالمية لعام 2013م إلى أن مرض السل على

صعيد العالم يؤدي بحياة ما بين 2-3 مليون شخص سنوياً، كما يُوجد قرابة 16 مليون شخص مُصابون به.

14-3-2-3- الملاريا Malaria: ويُطلق عليه أيضاً اسم الحمى الرعاشة swamp fever وهو مرض طفيلي مُعدٍ خطير ويُعد من الأمراض الفتاكة، أطلق عليه العرب قديماً اسم مرض البرداء، بينما أطلق عليه الإنكليز اسم حمى المُستنقعات لاعتقادهم أن وباء الملاريا ينقله هواء المُستنقعات. تُقدر حالات الإصابة بالملاريا بين 300-500 مليون حالة سنوياً، يتوفى منهم نحو 2.7 مليون، إلا أن تقارير منظمة الصحة العالمية والتي نُشرت في شهر كانون الأول من عام 2014م تُشير إلى أن عدد حالات الملاريا في أرجاء العالم بلغ نحو 198 مليون حالة في عام 2013م وأن عدد الوفيات بلغ قرابة 584000 وفاة من العام نفسه، مُعظمهم أطفال أعمارهم لم تتجاوز خمس السنوات.

14-3-2-4- الكوليرا Cholera: ويُعرف أحياناً باسم الكوليرا الآسيوية أو الكوليرا الوبائية، وهي من الأمراض المعوية المعدية التي تُسببها سلالات بكتيريا "جراثيم" ضمة الكوليرا المُنتجة للذيفان المعوي. والكوليرا هي واحدة من أسرع الأمراض القاتلة المعروفة، حيث تعمل بكتيريا "جراثيم" ضمة الكوليرا على تبطين الأغشية المخاطية للأمعاء الدقيقة وهذا يؤدي إلى الإسهال الحاد واستنزاف كامل للشوارد، وهو يؤدي بالتالي إلى انخفاض ضغط دم المُصاب في غضون ساعة من بداية ظهور أعراض المرض وقد يموت المرضى المُصابين في غضون ثلاث ساعات إذا لم يتم تقديم العلاج الطبي المناسب لهم. هذا ولقد شهد العالم أكثر من سبع جائحات وبائية للكوليرا، نجم عنها ملايين الضحايا من البشر في أنحاء المعمورة. أخيراً تُشير تقارير منظمة الصحة العالمية التي نُشرت في شهر كانون الأول من عام 2014م إلى أن عدد حالات الكوليرا في أرجاء العالم يُراوح بين 3-5 ملايين حالة عدوى وأن عدد الوفيات الناجمة عنها يُراوح بين 100-120 ألف حالة وفاة سنوياً.

14-3-2-5- الجدريّ أو الجدريّ Pox: ينشأ الجدريّ نتيجة العدوى بفيروس ينتقل من المُصابين إلى الأصحاء، ويظهر طفح يشبه البثور على جلد المريض، ثم تتكون قشرة على البثور

لا تلبث أن تسقط مُخلفَةٌ نذبة في مكانها. وليس للجذري علاج مُحدد، كما يتسبب بموت نحو 20% من ضحاياه. بينما يُصاب من تبقى بتشوهات مُستديمة، ويُصاب البعض الآخر بالعمى. يُعد مرض الجذري أول مرض انتصر عليه الإنسان بعد أن أردى وشوه وتسبب بالعمى للملايين من ضحاياه عبر تاريخ البشرية الطويل، ففي سنة 1980م أعلنت مُنظمة الصحة العالمية أنها نجحت في القضاء على مرض الجذري بشكل تام وعلى الصعيد العالمي.

14-2-3-6- حمى الضنك وحمى الضنك الوخيمة Dengue fever: ويُطلق عليه أيضاً اسم حمى تكسير العظام break bone fever أو حمى عدن Aden fever وهو مرض فيروسي، تُؤدي العدوى به إلى مرض شبيه بالإنفلونزا، ويتفاقم أحياناً ليغدو مرضاً قاتلاً مُحتملاً يُطلق عليه اسم حمى الضنك الوخيمة. تظهر حمى الضنك في المناخات المدارية وشبه المدارية في مُختلف أرجاء العالم، تُشير تقارير مُنظمة الصحة العالمية إلى ارتفاع مُعدلات انتشار مرض حمى الضنك خلال العقود الأخيرة بشكل هائل على المستوى العالمي، حيث يُواجه نصف سكان العالم تقريباً حالياً خطر الإصابة بهذا المرض، كما يُشير التقرير إلى أن عدد حالات الإصابة بحمى الضنك يصل إلى نحو 528 مليون حالة سنوياً، بينما تُحدد تقديرات أخرى بأن عدد الأشخاص المُعرضين لخطر العدوى بفيروسات الضنك يصل إلى نحو 3.9 مليار نسمة في 128 بلد.

14-2-3-7- البلهارسيا bilharziasis: ويسمى أيضاً بداء المُنشقات وهو مرض طفيلي، ويعود سببه إلى طفيل أو ديدان البلهارسيا الناقلة له. علماً أنه توجد خمسة أنواع مُختلفة من ديدان البلهارسيا التي تُؤدي إلى الإصابة بالمرض. هذا ولا يُعد داء البلهارسيا مرضاً مُميتاً، إلا أنه يؤدي إلى سرعة استهلاك جسد المُصاب، هذا وتُشير بيانات مُنظمة الصحة العالمية لعام 2013م إلى أن هناك ما يُقدر بنحو 207 ملايين شخص مُصاب بمرض طفيلي البلهارسيا في العالم.

14-2-3-8- التهاب السحايا Meningitis: مرضُ جرثوميّ بكتيريّ حادّ يُؤثر على الأطفال والشباب بصورة رئيسة، يؤدي إلى التهاب الأغشية الدماغية (السحايا) المُغلّفة للدماغ والحبل الشوكي. على الرغم من أن غالبية أسباب الإصابة تكون ناجمة عن عدوى بكتيرية "جرثومية"،

وهناك أكثر من نوع بكتيري يُسبب التهاب السحايا، وتُشير تقديرات منظمة الصحة العالمية إلى أن نسبة الإصابة بالتهاب السحايا في البلدان الغربية تقلصت إلى نحو 0.03%.

14-3-2-9- الحمى الصفراء Yellow fever: مرض فيروسي ينقله البعوض نفسه الناقل لمرض حمى الضنك، وينتشر في البلدان المدارية في قارتي أفريقيا وأمريكا الجنوبية، وإذا أصيب الشخص به فإنه يحصل على مناعة دائمة طوال الحياة. يقضي نحو 50% من المُصابين في فيروس الحمى الصفراء نحبهم إذا لم يتلقوا العلاج المناسب، هذا ويشهد العالم كل عام وقوع نحو 200000 حالة إصابة بفيروس الحمى الصفراء ينجم عنها وفاة قرابة 30 ألف شخص مُصاب.

14-3-2-10- حمى التيفوئيد أو الحمى التيفوئيدية typhoid fever: وهو مرض بكتيري "جرثومي" مُعدّ ينشأ نتيجة تناول المواد الملوثة بأنواع السلمونيلا. وهو أيضاً أحد أقدم الأمراض التي لازمت وجود الإنسان على هذا الكوكب. يُقدر تقرير منظمة الصحة العالمية لعام 2014م مجموع حالات الإصابة بحمى التيفوئيد حول العالم بنحو 3.3 مليون حالة، ينجم عنها قرابة ربع مليون حالة وفاة فقط في المناطق الموبوءة، لذلك عُدَّ مشكلة صحية عامة خطيرة، ويُصيب بنسبة أعلى الأطفال والبالغين الذين تُراوح أعمارهم بين 5-19 سنة، ففي عام 1900م أودى وباء التيفوئيد بحياة ثلاثة ملايين شخص في روسيا وحدها.

14-3-2-11- الجذام Leprosy: ويُعرف عند العرب بمرض البرص، كما يُعرف أيضاً بمرض هانسن ويُرمز له اختصاراً بالرمز (HD)، وهو مرض بكتيري مُعدّ شديد الخطورة، تسبب عبر التاريخ في عدة جائحات وبائية مُختلفة عشرات آلاف الضحايا، كما تُشير بيانات منظمة الصحة العالمية إلى أن متوسط حالات الإصابة بالجذام في أرجاء العالم تبلغ نحو 180618 حالة سنوياً.

14-3-2-12- الحصبة والحصبة الألمانية Measles and Rubella: مرض فيروسي انتقالي حاد، تُشير بيانات منظمة الصحة العالمية لعام 2013م إلى أن نحو 30-40 مليون حالة إصابة بمرض الحصبة تُسجل سنوياً في مُختلف أنحاء العالم، وأن حالات الوفاة الناجمة عن الإصابة بفيروس الحصبة تُقدر بنحو مليون شخص سنوياً.

14-3-2-13- أمراض الأورام Tumor أو الأمراض السرطانية: أمراض السرطان "الأمراض الخبيثة" مصطلح عام يشمل مجموعة من الأمراض يُمكنها أن تُصيب كل أجزاء الجسم، كما يُطلق على تلك الأمراض أيضاً بالأورام والأورام الخبيثة، ومن سمات أمراض السرطان التكاثر السريع لخلايا شاذة يُمكنها النمو خارج حدودها المعروفة واقتحام أجزاء الجسد المُتلاصقة والانتشار إلى أعضاء أخرى، ويُطلق على تلك الظاهرة اسم النُقيلة. وتُمثل النُقائل أهم أسباب الوفاة من جراء السرطان. هذا وتُشير تقديرات مُنظمة الصحة العالمية إلى أنه في عام 2012م فقط أدت الإصابة بالأمراض السرطانية إلى وفاة أكثر من 14 مليون شخص مُصاب، ومن المُتوقع أن يتواصل ارتفاع عدد الوفيات الناجمة عن السرطان إلى 22 مليون حالة وفاة في عام 2030م. علماً أن أكثر الإصابات بالسرطان بين الرجال والتي تم تشخيصها عام 2012م تتركز في الرئة والبروستات، والقولون والمعدة وسرطان الكبد، وللنساء تتركز في الثدي، والقولون، والرئة، وعنق الرحم والمعدة.

14-3-2-14- التهاب الكبد الوبائي Hepatitis: وهو مرض فيروسي، تسبب به مجموعة من الفيروسات (التهاب الكبد: E,C,D,B,A) تُسبب عدوى حادة و/أو مزمنة والتهاباً في الكبد، كما ينجم عن فيروس التهاب الكبد B و C أعراض مرضية حادة تؤدي إلى الوفاة. لقد أصبح التهاب الكبد الفيروسي مشكلة صحية عالمية، حيث تنشأ أغلب حالات تشمع الكبد وسرطانات الخلايا الكبدية عن العدوى في فيروس التهاب الكبد B أو فيروس التهاب الكبد C، وتُفيد تقديرات مُنظمة الصحة العالمية الحديثة إلى هناك قرابة 240 مليون شخص في العالم مُصاب بصورة مُزمنة بالتهاب الكبد الفيروسي من نوع B ويتوفى منهم نحو 780 ألف شخص سنوياً، بينما هناك بين 130-150 مليون شخص مُصاب بصورة مُزمنة بالتهاب الكبد الفيروسي من نوع C يموت منهم نحو 500000 ألف شخص سنوياً من جراء أمراض الكبد المُرتبطة بالتهاب الكبد.

14-3-2-15- الإيدز أو مرض نقص المناعة المكتسب (AIDS): ويُعد من أمراض العدوى الفيروسية الفتاكة، يُسببه فيروس (HIV) الذي يُهاجم جهاز المناعة للإنسان المسؤول عن حماية جسم الإنسان من الفيروسات والبكتيريا، وتُفيد تقديرات مُنظمة الصحة العالمية لعام 2005م إلى

أن نحو 40 مليون شخص في العالم مُصاب بفيروس الإيدز في عام 2004م، وأنه أُردي بحياة ثلاثة ملايين مُصاب منهم، بينهم نحو 500 ألف ضحية من الأطفال.

14-2-3-16- حمى الوادي المتصدع Rift Valley fever: مرض فيروسي يُسببه فيروس حيواني المنشأ من جنس الفاصدة، يُصيب الحيوانات في المقام الأول، ويُمكنه أيضاً إصابة البشر نتيجة أكل أو مُلامسة لحوم الحيوانات المُصابة بالفيروس أو من خلال لسعات النعوض الناقلة للفيروس. تُؤدي حمى الوادي المتصدع إلى هلاك عدد هائل من حيوانات المزارع كالماشية والغنم والإبل والماعز، وهذا يُؤدي إلى خسائر مادية فادحة.

14-2-3-17- الإيبولا Ebola: تم التعرف على مرض فيروس الإيبولا لأول مرة عام 1976م عندما تفشى في السودان وجمهورية الكونغو، ويُعرف أيضاً بالإسم المُختصر (EVD)، يُسبب فيروس الإيبولا مرضاً حاداً وخطيراً يُؤدي بحياة الشخص المُصاب في أغلب الأحيان إن لم يُعالج، هذا ويُعتقد أن خفافيش الفاكهة من الفصيلة بتيروبوديدي هي المُضيف الطبيعي لفيروس الإيبولا. وينتقل فيروس الإيبولا إلى تجمعات السكان البشرية عن طريق مُلامسة دم الحيوانات المُصابة بعدوى المرض أو إفرازاتها أو أعضائها أو السوائل الأخرى من أجسامها، ومن ثم ينتشر فيروس الإيبولا من خلال سريان عدوها من إنسان إلى آخر عبر المُلامسة المباشرة لدم الشخص المُصاب بالعدوى أو إفرازاته أو عند مُلامسة السطوح والحاجيات الأخرى الملوثة بتلك السوائل كالملابس والفرش.

14-2-3-18- الجمرة الخبيثة Anthrax: وهو مرض قاتل وفتاك تُسببه بكتيريا الجمرة الخبيثة. ويُطال كل من الإنسان والحيوان.

جدول المُصطلحات العلمية

A	
Abnormal	شاذ غير عادي
Absorption	امتصاص
Acid rain	المطر الحامضي
Acidic rocks	صخور حمضية
Accumulation	تراكم
Acidity	حموضة
Active	نشاط
Active volcanoes	البراكين النشطة
Addition	إضافة
Adsorption	ادمصاص، امتزاز
Aeolian deposits	توضعات ريحية
Aeolian process	عملية ريحية
Air	هواء
Air pollution	تلوث الهواء
Aggregates	تجمعات
Algae	طحالب
Alkalinity	قلوية
Alluvial	طميية - لحقية
Animals	الحيوانات
Antarctica	أنتاركتيا "القارة المتجمدة الجنوبية"
Equal	مائي
Arid	قاحل

Arid soil	ترب المناطق القاحلة
Arctis	أراكتيس "المحيط المتجمد الشمالي"
Ash	رماد (بركاني)
Assessment environmental risk	تحديد المخاطر البيئية
Association	تجمع
Atmosphere	الغلاف الجوي
Atmospheric effects	الآثار المناخية
Avalanche	الانهيارات الثلجية
B	
Bacteria	جراثيم "بكتيريا"
Basal	قاعدي
Basic	أساسي
Biogenesis	منشأ عضوي
Biosphere	الغلاف الحيوي
Block	كتلة
Block-slide	الانهيارات الصخرية
Bog	مستنقع
Boulder	جلمود
Breccia	بريشيا
Bulk density	الكثافة الحجمية
C	
Calcareous	كلسي
Calcite	كالسيت
Capacity	سعة
Capillarity	شعرية

Carbonate	كربونات
Carboniferous	كربوني
Carbonization	كربنة، تفحم
Cation	كاتيون
Cave	كهف
Channels	قنوات
Chemical weathering	التجوية الكيميائية
Clastic sediments	رسوبيات حطامية
Clay	غضار، طين
Clay minerals	فلزات الطين
Clay rock	صخر طيني
Clay stone	حجر طيني
Climate	مناخ
Climatological hazards	مخاطر مناخية
Climate change	تغيرات مناخية
Cloud seeding	تلقيح السحب
Coal	فحم
Coastal erosion	تآكل الشواطئ
Colloid	غرواني
Colluvium	رسوبيات متراكمة
Comets	المذنبات
Complex	مُعقد
Compound	مُركب
Composite	مُؤلف
Compressional waves	الموجات التضاغطية
Consistence	قوام

Constant	ثابت
Convergence zones	نطاق تقارب
Coral reef	شعاب مرجانية
Corals	المرجانيات
Crop rotation	الدورة الزراعية
Coriolis effect	تأثير كوريولس
Cyclones storms	العواصف الإعصارية في الهند
D	
Debris-flow "torrent"	سيول الأفتات الصخري
Debris avalanche	الانهيار الثلجي أو الجليدي
Degradation	تدهور ، تدني
Deflation	انكماش
Deformation	تشوه
Deforestation	إزالة الغابات
Delta	دلتا
Density	كثافة
Denudation	تعرية
Deposit	توضع ، ترسب
Desalination	تحلية مياه البحار
Deserts	صحارى
Desertification and sand dunes	التصحّر
Detrital	حطامي
Detrital rocks	صخور حطامية
Detritic	حطامي فتاتي
Detritus	حطاميات

Developing nation	الدول النامية
Disasters	كوارث
Dissolution	انحلال
Divergence zones	نطاق تباعد
Dolomitic	دولوميتي
Dolomitization	دلمته
Dormant volcanoes	البراكين خامدة
Dome	قبة
Drought	الجفاف
Dust storm	عاصفة ترابية
Dynamic	حركي
E	
Earth	الأرض
Earth core	نواة الأرض
Earth crust	القشرة الأرضية
Earthflow	التدفق الأرضي
Earthquakes	الزلازل
Earthquake intensity	شدة الزلزال
Earthquakes magnitude	المقدار الزلزالي
Earthquake prediction	التنبؤ بالزلازل
Earthquake seismology	علم الزلازل
Earth sciences	علوم الأرض
Earthy	ترابي
Elastic	مرن
Elasticity Limit	حد المرونة
Elastic deformation	تشوه مرن

Elastic rebound	الارتداد المرن
Eluvial	غسلي
Environment	البيئة
Environmental auditing	المراجعة البيئية
Environmental impact assessment	تقييم التأثير البيئي
Environmental risks	المخاطر البيئية
Eolian deposits	رسوبات ريحية
Epicenter	المركز السطحي أو مركز الزلزال
Epiclastic	حطامي رسوبي
Erosion	حت
Erosional cycle	دورة التحات
Erosional surface	سطح تحاتي
Evaporates	المُتَبَخِّرات
Extinct volcanoes	البراكين منطفئة
Extreme temperatures	درجات الحرارة المتطرفة
Extreme winter conditions	الشتاء قارص البرودة
F	
factor	عامل
Famine and Diseases	المجاعات والأمراض
Floods	الفيضانات
Flood plain	سهل الفيضان
Flow	التدفق
Focus of earthquakes	البؤرة الزلزالية
Formation	تشكيل، تكون
Forest fire and Wildfire	حرائق الغابات والبراري

Fracture	مُكسر
Frost	صقيع
Fungi	فطريات
G	
Gaseous phase	الطور الغازي
Gel	هلام، جل
General forms	تحويلات عامة
Geomorphology	جيومورفولوجيا
Geothermal energy	الطاقة الجوفية
Glacial	جليدي
Gley	وحل
Global warming	الاحتباس الحراري
Grain	حبة
Granular	حبيبي
Gravel	حصى
Gravimetric	وزني
Greenhouse gases	غازات البيوت الخضراء
Ground water	مياه جوفية
H	
Habit	الهيئة، المظهر
Hardness	قساوة (صلادة)
Hazard	الخطر
Heavy minerals	فلزات ثقيلة
High pressure area	منطقة الضغط المرتفع
Homogeneity	متجانس
Homogeneousness	تجانس

Horizon	أفق
Hot Spot	النقاط أو البؤر الساخنة
Hot Springs	الينابيع الحارة
Humic acids	أحماض دبالية
Humus	دبال
Hurricane	أعاصير المحيط الأطلسي "هيوريكين"
Hydration	إمالة
Hydrolysis	تحلل مائي
Hydrosphere	الغلاف المائي
Hydrous	مائي
Hydrothermal	المحاليل المائية الحارة
I	
Blizzard and Ice storm	العواصف الثلجية والجليدية
Hailstorm	
Igneous rocks	صخور نارية
Illuvial	ترسيبي
Inclusions	متضمنات
Indicator	مؤشر
Infiltration	تسرب
In situ	مكاني، موضعي
Ion	أيون
Insolation	إشعاع شمسي
Intensity earthquake	شدة الزلزال
Iron cap	غطاء حديدي
Irrigation	الري
Island	جزيرة

Isoseismic lines	مُنحنيات تساوي شدة الهزات الأرضية
J	
Joints	فواصل
K	
Karst	كارست
L	
Lagoon	بحيرة مالحة
Lahar	السيول الطينية "اللاهار"
Laminae	رقائق
Lands Land abuse/ Mismanagement of Arid	سوء استعمال أو سوء إدارة الأراضي الجافة
Land slide rotation	الهبوط الانزلاقي الدوراني
Landslide	الانزلاق المستوي
Lava	اللافا "اللابا" ، الحمم الصهارية
Lava flows	اللافا المتدفقة
Leaching	الغسيل
Lightning	البرق
Lignite	ليغنيت
Lime	جير (كلس)
Limestone	حجر كلسي
Lithoclastic	حطامي صخري
Lithosphere	غلاف صخري
M	
Mafic rocks	صخور قاعدية
Magma	الصهارة (المُهْل)
Magma Chamber	غرفة الصهير "الغرفة المُهْلِيَّة"

Magnitude earthquake	قوة الزلزال أو مقداره
Marsh	مستنقع
Massive	كتلي
Mercury	عطارد
Mechanism	آلية
Mega storms	الرياح العاتية
Mesosphere	نطاق متوسط
Meso cyclones	الأعاصير المتوسطة
Metal	معدن
Metallic ores	خامات فلزية
Metamorphic	متحول
Metamorphic rocks	صخور متحولة
Metamorphism	تحول
Meteorites	النيازك
Meteorite craters	الفوهات النيزكية
Meteors	الشهب
Meteor showers	زخات الشهب
Method	طريقة
Microorganisms	الأحياء الدقيقة
Mineral	فلز
Mineralization	تمعدن
Mineral water	مياه معدنية
Mitigating earthquake hazards	التقليل من أخطار الزلازل
moisture	رطوبة
Moon	القمر
Morphology	المورفولوجيا

Mother rocks	صخور الأم
Mud	طين
Mudflows	الطفوح الطينية
Mud cracks	فواصل طينية
Mudslides	الانهيارات الطينية
Mud stone	حجر طيني
N	
Native elements	عناصر حرة
Natural	طبيعي
Natural disaster	كارثة طبيعية
Natural hazards	المخاطر الطبيعية
Natural elements	عناصر طبيعية
Natural park	المحميات الطبيعية
New formation	مستجدات
Nodules	عُقَد
Nomenclature	تسمية
Normal	عادي
Normal faults	الفوالق العادية
O	
Organic	عضوي
Organic Formed	منشأ عضوي
Organic matter	مادة عضوية
Organogenesis	عضوي المنشأ
Over-doing agricultural practices	الإفراط في الأنشطة الزراعية
Over grazing	الرعى الجائر

Ozone Layer	طبقة الأوزون
Oxidation	أكسدة
P	
Paleoecology	علم البيئة القديمة
Paleogene	باليوجين
Paleogeography	الجغرافيا القديمة
Particle	حبيبة
Peat	خشب صخري
Pebbles	حصى
Pedology	علم التربة
Percolating water	ماء متخلل
Permeability	نفاذية
Pesticides	المبيدات
Petrification	تحجر
Petrified forests	غابات متحجرة
Petrified wood	خشب متحجر
Petrology	علم الصخور
Phase	طور
Phenomenon	ظاهرة
Phosphates	فسفات
Physical weathering	التجوية الفيزيائية
Pillow basalt	بازلت وساندي
Pillow lava	لابة وساندية
Pinnacles	أبراج
Placer deposits	رواسب الثقالة
Plain	سهل

plane	مستوى
Plane slide	انزلاق مستوي
Plates	صفائح
Plate tectonics	بنائية الصفائح "الألواح"
Plutonic rocks	صخور باطنية
pore	مسام
Porosity	مسامية
Poisonous gas emissions	انبعاث الغازات السامة
Predicting Volcanic Eruptions	التنبؤ بثورة البركان
Pressure	ضغط
Pressure system	أنظمة الضغط
Primary	أولي
Primary Waves-P	الموجات الأولية
Primitive	بدائي
Process	عملية
profile	مقطع أو قطاع
Property	خاصية
Protozoa	أوالي حيوانية
Pyroclastic	الفتات الصخري
Q	
Quartz	مرو (كوارتز)
Quartzite	كوارتزيت
R	
Rainwater harvesting	تجميع مياه الأمطار
Real density	الكثافة الحقيقية
Recrystallizations	إعادة تبلور

Regolith	حطام صخري
Reaction	تفاعل
Redox	أكسدة إرجاع
Reduction	إرجاع، اختزال
Regolith	الحطام والفئات الصخري "الريغوليت"
Replacement	إحلال
Recycled water	المياه المعالجة
River terrace	مصطبة نهريّة
Rock	صخور
Rock crystal	بلور صخري
Rock cycle	دورة صخرية
Rock falls	الانهيارات الصخرية
Rock salt	ملح صخري
Rock slide	انزلاق صخري
Rotational sliding	انزلاق دوراني
Running water	ماء جاري
Run-off	جريان سطحي
Reverse faults	الفوالق العكسية
S	
Sabkha	سبخات
Saline dome	قبة ملحية
salt	ملح
Sample	عينة
Sand	رمل
Sand drifts	انجرافات رملية
Sand seas	شواطئ رملية

Sandstone	صخر رملي
Sand storm	عاصفة رملية
Sand storms and Dust storms	العواصف الرملية والعواصف الغبارية
sandy	رملي
Saturation	إشباع
Savannah	سافانا
Scoria	سكوريا
Scree	ركام
Secondary	الثانوي
Secondary Waves-S	الموجات الثانوية
Sedimentary	ترسيبي
Sedimentary rocks	صخور رسوبية
Sedimentation	ترسيب
Seils	سيول
Shear waves	موجات القص
Shore reef	رصيف شاطئي
Shores	شواطئ
Silt	غبار، غرين
Silty	سilty أو غريني
Sinks	أحواض الذوبان
Slid	الانزلاق
Slopes	المُنحدرات
Soil	تربة
Soil creep	زحف التربة
Soil horizons	آفاق التربة
Soil porosity	مسامية التربة

Soil profile	قطاع التربة
Soil flexion	سيلان التربة
Solar energy	الطاقة الشمسية
Soluble	قابل للذوبان
Solution	الإنذابة
Specific gravity	الوزن النوع
Stratification	تطبيق
Stratigraphy	علم الطبقات
Stratosphere	ستراتوسفير
Stratum	طبقة
Streams	جداول
Storm	عاصفة
Structure	بنية
Stylolite	خطوط الذوبان
Subside	انخساف الأراضي
Surface Waves-L	الموجات السطحية
T	
Talus	ركام السفوح
Technical disaster	كارثة تقنية
Tectonic earthquakes	الزلازل التكتونية
Tectonic plates theory	نظرية الصفائح التكتونية
Texture	نسيج
Thermal spring	نبع حار
The melting of ice and snow deposits	ذوبان التوضعات الجليدية والثلجية
Thermosphere	الغلاف الحراري

Thunder	الرعد
Thunder storms. Lightning	العواصف الرعدية والبرق
Tillite	حريث أو تيليت
Tornado and tropical storms	أعاصير قمعية "التورنيدو"
Transfer and removal	نقل وإزالة
Transform faults	الصدوع المحولة
Translation slide	الانزلاق الانتقالي
Transportation	نقل
Tropical cyclones	الأعاصير القمعية الاستوائية
Tropical depression	منخفض إستوائي
Tropical forests	غابات استوائية
Tropical storm	عاصفة مدارية
Troposphere	تروبوسفير
Tsunami	التسونامي
tuff	طف
Turf	فحم التورب
Typhoons	أعاصير المحيط الهادي "تايفون"
V	
Vadose water	الماء الجبب
Vegetation cover	غطاء نباتي
Volcanoes and Volcanic activity	البراكين والنشاط البركاني
Volcanic earthquakes	الزلازل البركانية
Volcanoes	البراكين
Volcanic	بركاني
Volcanic ash	رماد بركاني

Volcanic bombs	قنابل بركانية
Volcanic channel	مدخنة البركان
Volcanic crater	فوهة البركان
Volcanic hazards	أخطار الثوران البركاني
Volcanic gases	غازات البراكين
Volcanic mudflows	الطفوح الطينية البركانية
Volcanic neck	قصبية البركان
Volcanic risk	الخطر البركاني
Volcanic shuts	طفوح بركانية
Volcanic tuff	طف بركاني
W	
Water cycle	دورة المياه
Water restrictions	القيود المفروضة على استهلاك المياه
Weathering	تجوية
Wedge sliding	انزلاق اسفيني
Willey-Willey	التسمية المحلية للأعاصير في أستراليا
Wind	الرياح
World meteorological organization	المنظمة العالمية للأرصاد الجوية
Z	
Zones climatiques	الأقاليم المناخية

المراجع العلمية

المراجع العربية

- الأحيدب إبراهيم سليمان (2008): جغرافية المخاطر، منشورات عمادة شؤون المكتبات - جامعة الملك سعود - الرياض - المملكة العربية السعودية، 221ص.
- برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2001): تغير المناخ: منشورات منظمة الأرصاد الدولية، جنيف.
- الخولي، محمد رضوان (2014): التصحر، منشورات مركز دراسات الوحدة العربية، الطبعة الثانية، 216ص.
- عباس، ماجد خضير وصالح عبدالأمير نجيل (2012): التصحر، منشورات جامعة بغداد - بغداد العراق.
- عوض الحفيان (2001): الإنسان وبيئته: تأثير الإنسان على أغلفة البيئة الأربع، دار جامعة الخرطوم للنشر، الخرطوم - السودان.

REFERENCES

- Bahlburg.H. and C.Breitkreuz.,(2007): Grundlagen der Geologie.411 S..
Spektrum Akademischer Verlag. ISBN 978-3-82741-811-1.
- Best.M.G.,(2003): Igneous and metamorphic petrology. 2nd edn.
Blackwell. Oxford.
- Blong. R.J., (1984): Volcanic hazards -A sourcebook on the effects of
eruptions: Academic Press. Australia. 424 p.
- Bormann.P.H.,(2012): Infoblatt Tsunami, Deutsches Geo Forschungs
Zentrum (GFZ).
- Buchal, C., und C.-D. Schönwiese, (2010): KLIMA Die Erde und ihre
Atmosphäre im Wandel der Zeiten. 589S. Hereus Stiftung, HGF.,
- Enzyklopädie der Natur (1992): Die Geheimnisse der Natur entdecken,
entschlüsseln, erklären. Obris Verlag., 84/85.
- FAO (2005): Global Forest Resources Assessment 2005. Progress
towards sustainable forest management, FAO Forestry Paper 147p.
- Flannery. T., (2006): Wir Wettermacher, Wie die Menschen das Klima
verändern und was das für unser Leben auf der Erde bedeutet, Fischer
Verlag.,
- Frisch.W.. and M.Meschede.,(2009): Plattentektonik. Kontinent-
verschiebung und Gebirgsbildung. Primus Verlag.196 S.,

- Gonzales F.I. and E. N. Bernard.,(1992): The Cape Mendocino Tsunami, in *Earthquakes and Volcanoes*, Vol. 23, No. 3, pages 135–138P.,
- Gudmundsson.A. and R.E.B.Andrew.,(2007): Mechanical interaction between active volcanoes in Iceland.*Geophysical Research Letters*. 34S.,
- Hirschberger. P.,(2012) : *Wälder in Flammen – Ursachen und Folgen der weltweiten Waldbrände*. WWF Deutschland, Berlin.
- Kemfert. C.,(2008): *Die andere Klima-Zukunft: Innovation statt Depression* Murmann-Verlag, Hamburg,
- Lander J. F., and P. A. Lockridge., (1989): *United States Tsunamis(Including United States Possessions): 1690–1988*. NOAA National Geophysical Data Center, Publication 41–42.,
- Pfister. C.,(2002): *Naturkatastrophen und Naturgefahren in geschichtlicher Per –spek tive*. In: *Am Tag danach. Zur Bewältigung von Naturkatastrophen in der Schweiz 1500 –2000*.Herausgegeben von C. Pfister. Bern: Haupt. 14–25.
- Schmincke. H.U.,(2000): *Vulkanismus*.2.Auf.,264S., Wissenschaftli – liche Buchgesellschaft. Darmstadt. Deutschland.
- Schmincke. H.U.,(2009): *Vulkane der Eifel. Aufbau. Entstehung und heutige Bedeutung*. Spektrum. Heidelberg.
- Schneider.G.,(2004): *Erdbeben Eine Einführung für Geowissenscha –fler und Bauingenieure*. Spektrum Akademischer Verlag. München.
- Walker.G.P.L.,(1973): Explosive volcanic eruptions a new classifica –tion scheme. 62:431–446S., Geol. Rundsch Verlag.

مواقع من الشبكة العنكبوتية

<http://www.eike-klima-energie.eu/climategate-anzeige>
<http://www.naturaldisasters.ednet.ns.ca/landslides.html>
<http://geohazards.cr.usgs.gov>
<http://www.usgs.gov/themes/volcano.html>
<http://www.usgs.gov/themes/earthqk.html>
<http://www.usgs.gov/themes/flood.html>
<http://www.usgs.gov/themes/landslid.html>
<http://www.usgs.gov/themes/coastal.html>
<http://h2o.usgs.gov/public/wid/indexhazards.html>
[http://.quake.wr.usgs.gov/recenteqs/Global earthquakes](http://.quake.wr.usgs.gov/recenteqs/Global%20earthquakes)
<http://quake.wr.usgs.gov/QUAKES/CURRENT/global.html>
Index to seismic hazard zone maps
<http://consrv.ca.gov/dmg/shezp/map.htm>
<http://www.geo.mtu.edu/volcanoes.htm>
<http://www.geo.mtu.edu/volcanoes/world.html>
<http://pubs.usgs.gov/pinatubo>
http://www.nrcan.gc.ca/gsc/pacific/vancouver/volcanoes/index_e.html
http://www.nrcan.gc.ca/gsc/pacific/vancouver/volcanoes/03_typ_e.php
http://www.nrcan.gc.ca/gsc/pacific/vancouver/volcanoes/04_erup_e.php
http://www.nrcan.gc.ca/gsc/pacific/vancouver/volcanoes/05_haz_e.php
<http://www.dartmouth.edu/artsci/geog/floods/>
<http://water.wr.usgs.gov/data/>

<http://www.dwr.water.ca/gov>
<http://consrv.ca.gov/dmg/index.htm>
<http://greenwood.cr.usgs.gov/pub/open-file-reports/ofr-98-0467/>
http://metoc-ul.fnmoc.navy.mil/otis/otis_shem_ice.gif
<http://152.80.56.202/index.html>
<http://www.nws.fsu.edu/buoy/>
<http://wxp.atms.purdue.edu/>
<http://wxp.atms.purdue.edu/hurricane/index.html>
<http://www.solar.ifa.hawaii.edu/Tropical/tropical.html>
<http://www.ifas.ufl.edu/www.agator/htm/wxr.htm>
<http://www.pmel.noaa/tsunami/> on the World Wide Web.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Tsunami/htm>
[http://en.wikipedia.org/wiki/Plague_\(disease\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Plague_(disease))
<http://en.wikipedia.org/wiki/Meningitis>
http://en.wikipedia.org/wiki/Yellow_fever

اللجنة العلمية

الأستاذ الدكتور: محمد أنور محفوظ

الأستاذ الدكتور: محمد سعيد الشاطر

الأستاذ المساعد الدكتور: سليم حميد

المدقق اللغوي

الدكتورة: نور الهدى حناوي

حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات الجامعية