معرفة العرب بأساليب الاستفادة والوقاية من طاقة المد والجزر

د. سائر بصمه جي(*)

الملخص:

تُعتبَرُ الطاقة التي تنقلها موجات المدِّ والجزر في البحار والأنهار هائلة. وقد تعددت طرائق الاستفادة من طاقة المدِّ والجزر، فكانت تُستعمَل لتدوير طواحين الحبوب، ولتسيير حركة السفن... وكانت هناك إجراءات احترازية وقائية تتخذ للتحذير من ضرر حركة المد والجزر في البحار والأنهار على حركة الملاحة، كأن توضع مؤشرات تنبه البحارة على ذلك.

تكمن أهمية هذا البحث في أنه يسلط الضوء على جهود العلماء العرب والمسلمين في تفسير ظاهرة المد والجزر حسب معارفهم، ويلقي نظرةً واسعة على كيفية استفادة سكان البصرة في العراق – الذين ربما كانوا الأوائل في ذلك– من طاقة المد والجزر وتحويلها إلى عمل مفيد بواسطة الطواحين المائية، فسبقوا الأوربيين في هذا التطبيق بنحو ثلاثة أو أربعة قرون.

الكلمات المفتاحية: المد والجزر، الطاقة، البحار، الأنهار، الطواحين.

المقدمة:

تحظى ظاهرة المد والجزر Tides اليوم باهتمام عالمي كبير؛ إذْ يجد

(*) باحث في التراث العلمي العربي/ سورية.

ورد إلى مجلة المجمع بتاريخ ٤/ ٨/ ٢٠٢١م

فيها الكثيرون إحدى بوابات الطاقة المتجددة والنظيفة التي يمكن عبورها في المستقبل. وتنشأ ظاهرة المد والجزر نتيجة تأثير جاذبية القمر والشمس في كتلة المياه المتوزعة على سطح كوكب الأرض.

في الواقع لنا أن نتلمس عدم اهتمام معظم مؤرخي الغرب ومستشرقيهم بإسهامات العلماء العرب والمسلمين في نظريات ظاهرة مد وجزر البحار من خلال الأبحاث والدراسات التي قاموا بها. فالمؤرخ جون هوث J. Howth ذكر أن تفسيرات ظاهرة المد والجزر في البحار كانت مشتتة قبل أن يضع نيوتن نظريته في الجاذبية[١]. في حين أن الكاتب العلمي وليمز إيدغر W. Edgar قال: «كان يوهانس كبلر أول عالم يفسر أن سبب المد والجزر هو القمر»[٢]. وحتى أوسع كتاب تناول هذا الموضوع من الناحية العلمية التاريخية للمؤرخ ديفيد كارترايت D. Cartwright نجده لا يُخصّص سوى أقلّ من صفحةٍ واحدة[٣] للحديث عن أبي معشر البلخي فقط من بين عشرات العلماء العرب والمسلمين الذي درسوا الظاهرة!

وهذا يدل على أن معظم مؤرخي العلوم في الغرب لم يطلعوا بما فيه الكفاية على ما ألَّفه وكتبه العلماء العرب والمسلمون، أو أنهم تقصّدوا تهميش إسهامات العلماء العرب والمسلمين في تفسير هذه الظاهرة وتطبيقاتها لغايةٍ في نفس يعقوب.

---

(١) هوث، جون إدوارد، الفن الضائع ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل، ج٢، ترجمة: سعد الدين خرفان، سلسلة عالم المعرفة، العدد-٤٤١، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ٢٠١٦م، ص ١٣٨.

(٢) Williams, Edgar, *Moon*, Reaktion Books Ltd, London, 2014, p. 108.

(٣) Cartwright, David Edgar, Tides: A Scientific History, Cambridge University Press, Cambridge, 1999, p.6.

وفقًا للمسح التاريخي الذي أجراه الباحث و. إ. منشنتون W. E. Minchinton لمعرفة إسهامات كل الحضارات في صناعة طواحين المد والجزر قال: «أخبرني جوزيف نيدهام (مؤرخ الحضارة الصينية المعروف) أنّه لا علم له بوجود طواحين المد والجزر في الصين أو الهند، على حين أكّد لي ماريون جونسون أنّه ما من دليل على وجود طواحين المد والجزر في إفريقية. وأعرف أنه ما من دليل قبل الدليل الأوروبي عن شمال وجنوب أمريكا والكاريبي»(٤). وهذا يدلنا على تفرّد العرب -إلى الوقت الحاضر- بهذا الابتكار.

المبحث الأول: جهود العلماء العرب في تفسير ظاهرة المد والجزر:

لقد كانت الدول العربية والإسلامية على تماسٍّ مباشر مع مياه البحار والمحيطات، ومن ثَم لفت ما يحدث على هذه المياه من ظواهر طبيعية أنظار العلماء العرب والمسلمين، الذين تناولوها دراسة وبحثًا وتفسيرًا.

ويبدو من أشعار عرب الجاهلية أنهم عرفوا ظاهرة المد والجزر، كما سجلوا ذلك؛ فقد قال سهم بن حنظلة الغنوي (نحو ٧٠هـ/ نحو ٦٩٠م):

مَدَّ الخليجُ ترى في مدّه تأقًا وفي الغوارب من آذيِّهِ حدبا

ويقصد «بالتأق» شدة الامتلاء، أما قوله «وفي الغوارب ...»؛ أي: تسمح سعة الخليج بتكوّن الأمواج العالية(٥). وكذلك ذُكِرَت ظاهرة المد والجزر في أشعار اللاحقين من باب الاستعارة، وهو ما نجده في قول سبط ابن التعاويذي (توفي ٥٨٣هـ/ ١١٨٧م):

---

(٤) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, Technology and Culture, Vol. 20, No. 4 (Oct., 1979), The Johns Hopkins University Press and the Society for the History of Technology, p. 777.

(٥) جبر، يحيى عبد الرؤوف، التكون التاريخي لاصطلاحات البيئة الطبيعية والفلك-مجلة مجمع اللغة العربية في الأردن، العدد ٤٦-يناير، عمان، ١٩٩٤م، ص ٦٣.

تختلف الأيام في أهلها مثل اختلاف المد والجزر
وما لإنسانيتي شاهد عندي سوى أني في خسر[٦]

وقد قدم اللغوي البارز أبو الحسن علي بن إسماعيل بن سيده المرسي (توفي ٤٥٨هـ/ ١٠٦٦م) كل ما وصله من أوصاف العرب اللغوية لعملية جزر البحر واسم ما يجزر عنه، حيث قال: «جَزَرَ البحر يجزر جزرًا وانجزر، والجزيرة: ما جزر عنه. ابن دريد: سميت جزيرة لانقطاعها عن معظم الأرض، وقال: ثبر البحر: جزر. والدبر: قطعة تغلظ في البحر كالجزيرة يعلوها الماء وينضب عنها»[٧].

أما بعد الإسلام؛ فقد قدم لنا أبو يوسف يعقوب بن إسحاق بن الصباح الكندي (توفي نحو ٢٦٠هـ/ نحو ٨٧٣م) نظرية جديدة في رسالته (في العلة الفاعلة للمدّ والجزر) أراد فيها تفسير ظاهرة المد والجزر في البحار وفق رؤيته الخاصة (وإن لم تكن دقيقة وفق نظرياتنا الحالية)، لم تكن مأخوذة عن أي عالم سابق له. فقد كان الكندي يعتقد أن أشعة القمر تسبب، عن طريق توليد الأبخرة والرياح في مياه البحر، الزيادة في الحجم. وقدّم تصنيفه للمد الطبيعي على أساس يومي وشهري وسنوي[٨].

وقد ناقش أبو معشر البلخي (توفي ٢٧٢هـ/ ٨٨٦م) ظاهرة المد والجزر

(٦) العمري، ابن فضل الله، مسالك الأبصار في ممالك الأمصار، ج١٦، ط١، المجمع الثقافي، أبو ظبي، ٢٠٠٢م، ص٥٨.

(٧) ابن سيده، علي بن إسماعيل، المخصص، تحقيق: خليل إبراهيم جفال، ط١، ج٣، دار إحياء التراث العربي، بيروت، ١٩٩٦م، ص١٥-١٦.

(٨) الكندي، أبو إسحاق، رسالة يعقوب بن إسحق الكندي إلى بعض إخوانه في العلة الفاعلة للمدّ والجزر، مخطوطة ضمن مجموع أياصوفيا، إستنبول، رقم (AYASOFYA4832) (١٤٩ظ-١٥٧و).

في البحار مناقشةً علميةً موسّعةً ومفصّلةً جدًّا في كتابه (المدخل الكبير في علم أحكام النجوم)، وقد أورد هذه المناقشة متتابعة في خمسة فصول (المقالة الثالثة: الفصول ٤، ٥، ٦، ٧، ٨)، حدد فيها العوامل الأساسية لحدوث المد والجزر، وهي حالة موضع الماء، وحالة الماء نفسها، وانتقال القمر في أطواره. وقدم أبو معشر صياغة رياضياتية تمكن الراصد من التنبؤ بساعة المد والجزر، ربما كانت أول صياغة على هذا الوجه. وانتبه أبو معشر إلى وجود ثمانية أسباب تؤثر في قوة المد وضعفه[٩]. وقد تبين لنا بعد إجراء مقارنةٍ دقيقة بين نص أبي معشر البلخي عن المد والجزر ورسالة روبرت غروستيست (توفي ١٢٥٣م) R. Grosseteste (التحقيق في أسباب المد والجزر De accessu et recessu maris) أن الكثير مما ورد فيها مقتبس من نصوص أبي معشر.

أما أبو إسحق نور الدين البطروجي الإشبيلي (توفي نحو ٦٠٠هـ/ ١٢٠٤م) فقد حاول أن ينحّي أثر القمر في ظاهرة المد والجزر جانبًا، معتبرًا أن السبب هو حركة السماء (الغلاف الجوي) التي تعلو كتلة المياه في البحار[١٠].

أخيرًا قدم عبد القادر بن أحمد بن علي بن ميمي البصري (توفي ١٠٨٥هـ/ ١٦٧٤م) مناقشة واسعة جدًّا؛ فقد أورد –ربما أول مرة– مقارنة تشبيهية في كتابه (يتيمة العصر في المدّ والجزر) بين جاذبية القمر لمياه البحر وجاذبية المغناطيس للحديد، ليقترب بذلك كثيرًا من مفهوم الجاذبية[١١].

---

(٩) أبو معشر البلخي، جعفر، المدخل الكبير في علم أحكام النجوم، مخطوطة المكتبة الوطنية، رقم (Arabe 5902)، ص ٣١و–٣١ظ.

(١٠) البطروجي، نور الدين، كتاب في الهيئة، مخطوطة مكتبة الأسكوريال، رقم (٩٦٣)، ص ١٧ظ–١٨و.

(١١) ابن ميمي، عبد القادر، يتيمة العصر في المد والجزر، مخطوطة دائرة المعارف العثمانية، حيدر أباد الدكن، رقم (ق ع ١١٠/ ٤٢٣)، ص ١٠١.

المبحث الثاني: طواحين طاقة المد والجزر:

من ناحيةٍ أولى، تشير الوثائق التي وصلتنا حاليًا إلى معرفة كلٍّ من العرب والأوربيين بالطواحين التي استفادت من طاقة المد والجزر. ولكن هذه الوثائق تؤكّد أن للعرب قصب السبق على الأوربيين في هذا المجال.

ومن ناحيةٍ أخرى، لا نعلم: هل كان تصميم وتنفيذ هذه الطواحين قائمًا على إحدى النظريات العلمية التي سبق أنْ تكلم عنها العرب، أم أنها قائمة على مبدأ الخطأ والصواب والتجريب المباشر؟

وفي جميع الأحوال إنّ توثيق وجودها واستثمارها بما ينفع الناس أمر بالغ الأهمية قد يغير الكثير من نظرتنا للماضي التقني عند العرب.

- **أولًا: العلماء العرب والمسلمون:**

يعود أقدم نص عربي وصلنا عن الطواحين التي استفادت من طاقة المد والجزر إلى القرن العاشر للميلاد. وهذا يعني أن هذه الطواحين كانت موجودة على الأقل منذ ذلك القرن، إن لم تكن أبكر من ذلك. فنحن نعلم أن مدينة البصرة قد بناها الصحابي الجليل عُتبة بن غَزوان (توفي ١٧هـ/ ٦٣٨م) في عهد الخليفة عمر بن الخطاب (توفي ٢٣هـ/ ٦٤٤م) سنة ١٤هـ، وقيل: ١٥هـ، عند ملتقى نهري دجلة والفرات[١٢]، أي: في القرن السابع للميلاد.

يروي محمد بن أحمد بن أبي بكر البنَّاء المقدسي البَشَّاري (توفي نحو ٣٨٠هـ/ نحو ٩٩٠م) أنّ أهل البصرة استفادوا من ظاهرة المد والجزر واستغلوا طاقتها، وذلك بوضع طواحين مائية عند مخرج المدّ، ليديرها في الدخول والخروج. ويشير هذا إلى أن مستوى المدّ كان يصل إلى مترين،

(١٢) العباسي، عبد القادر باش أعيان، البصرة في أدوارها التاريخية، مطبعة دار البصري، بغداد، ١٩٦١م، ص ١٤.

حتى يمكن الاستفادة منه[١٣].

قال المقدسي البَشَّاري: «قُلْ في البصرة ما شئت من مياهها وبركها ومدّها وجزرها ... والجزر والمد أعجوبة على أهل البصرة ونعمة؛ يزورهم الماء في كل يوم وليلة مرتين ويدخل الأنهار ويسقي البساتين ويحمل السفن إلى القرى، فإذا جزر أفاد **أيضًا عمل الأرحية؛ لأنها على أفواه الأنهار فإذا خرج الماء أدارها**. ويبلغ المدّ الى حدود البطائح، وله وقت يدور مع دور الأهلة»[١٤].

وقد ذكر مؤرخ التكنولوجيا المعروف ر. ج. فوربيس R. J. Forbes أن: «البصرة تقع على الخليج العربي وقد كان فيها طواحين مد وجزر، معظمها من أجل طحن الذرة»[١٥]. ويمكن استعمال الطاحونة لطحن أي نوع من الحبوب، سواء القمح أو الشعير، ولا يمكننا الجزم بأنها استُعملت من أجل الذرة فقط.

ويبدو من النص أن هذا النوع من الطواحين قد انتشر واستُعمل بكثرة في البصرة لتكلفته الزهيدة وكفاءته العالية طوال أيام السنة، مقارنةً بالطواحين المائية التي تعتمد على حركة التيار المائي فقط والتي تتأثر كميتها بين الصيف والشتاء. وهذا ما يفسّر لنا حظوة البصرة فقط بظهور هذا النوع من الطواحين دون غيرها من المدن العراقية أو العربية الأخرى التي تقع على ضفاف الأنهار.

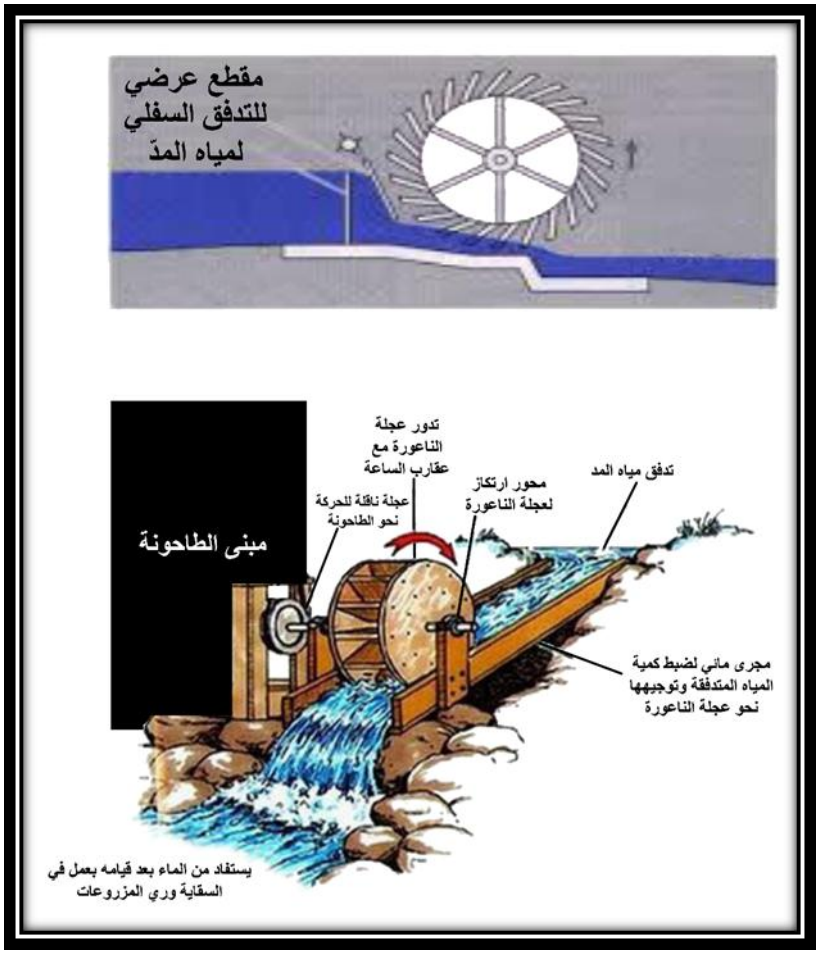
ونقدم في (الشكل-١) تصورنا عن طريقة تصميم طاحونة تعتمد على ظاهرة المدّ والجزر.

---

(١٣) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, p. 777.

(١٤) المقدسي البَشَّاري، أبو عبد الله محمد بن أحمد، أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم، ط٣، مكتبة مدبولي القاهرة، ١٩٩١م، ص ١٢٤-١٢٥.

(١٥) Singer, Charles, et al., A History of Technology, volume 2, Oxford, Oxford University Press, 1957, p. 614.



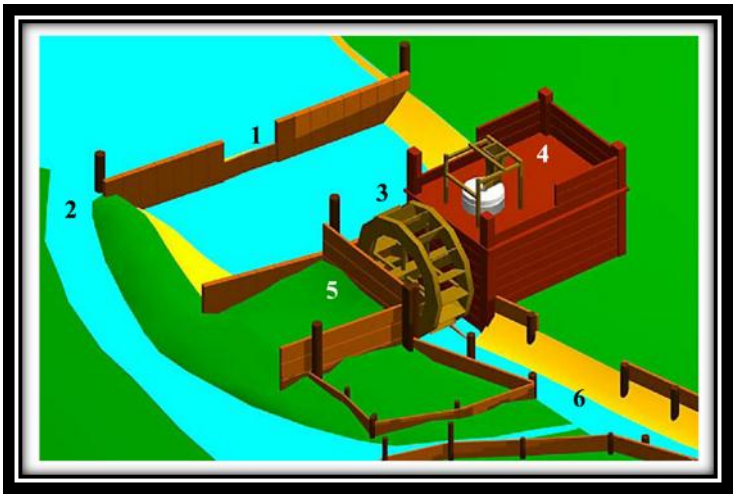
(الشكل-١) لم يكن هناك تفصيل كافٍ في رواية المقدسي البَشَّاري عن الطاحونة ومبدأ عملها، لذلك نرجح أن البصريين استعملوا طريقة التدفق السفلي لكونها أسهل في البناء وفي عودة مياه الجزر.

وكذلك تحدّث سراج الدّين أبو حفص عمر بن المظفر بن الوردي (توفي ٨٥٢هـ/ ١٤٤٧م) عن تحكم أهل البصرة بالمد والجزر عن طريق حاجز (غالبًا خشبي) فقال: «وقال الحافظ في المد والجزر بالبصرة: ما قولكم وظنكم بقوم يأتيهم الماء صباحًا ومساء، فإن شاؤوا أذنوا له، وإن شاؤوا حجبوه؟»[١٦].

(١٦) ابن الوردي، سراج الدين أبو حفص عمر بن المظفر، خريدة العجائب وفريدة الغرائب، تحقيق: أنور محمود زناتي، ط١، مكتبة الثقافة الدينية، القاهرة، ٢٠٠٨م، ص ٣٦٨.

ونستدل من كلام ابن الوردي على أمر آخر هو أن اختيار موقع طاحونة المد والجزر كان يجري بعناية كبيرة، خصوصًا من ناحية صلابة الأرض التي ستوضع عليها.

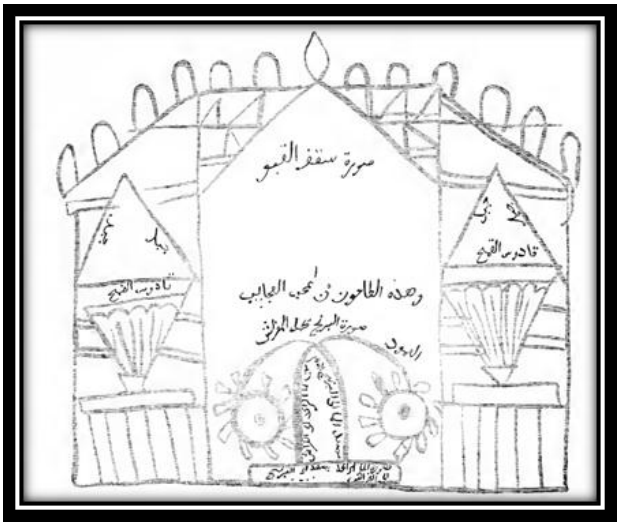
وقد وضعنا في (الشكل-٢) تصورنا لطاحونة مدّ وجزر مزودة بحاجز خشبي للتحكم بكمية المياه.



(الشكل-٢) بناءً على المعلومة التي أضافها إلينا ابن الوردي، فإننا نتوقع أن يكون تصميم طاحونة المد والجزر في البصرة وفق هذا الشكل التخيلي. وفيه: (١) حاجز مياه المد. (٢) قناة تصريف فرعية لتصريف الماء الفائض. (٣) الناعورة ذات العنفات. (٤) مكان الطاحونة. (٥) جدار استنادي لمحور الناعورة. (٦) قناة تصريف مياه المد بعد خروجها من الناعورة.

كانت ظاهرة المد والجزر ما تزال تحدث عند شط العرب في البصرة زمن أَنِسْتاس الكَرْمِلي كما يدلّ قوله: «ومن أجَلِّ نعم الله تعالى على البصريين وجود (المد والجزر) في شط العرب؛ فإن ماء (المدّ) يزورها كل أربع وعشرين ساعة مرتين فيسقي النخيل والأراضي (بدون استعمال آلات السقي أو نصب الكرود)، وبعد أن تأخذ تلك البقاع قسطها من الري بفضل تلك النعمة الجليلة يرجع الماء إلى من حيث أتى، ثم يعود بعد اثنتي عشرة

ساعة وأربع وعشرين دقيقة (فسبحان من تحيرت في صنعه العقول)»[١٧].



(الشكل-٣) أحد أشكال الطواحين المائية التي كانت تستعمل لطحن القمح في مدينة مرند في أذربيجان، كما وصفها ورسمها شيخ الربوة. ويبدو أن المبدأ نفسه كان يُطبَّق في حالة طواحين المد والجزر[١٨].

ويبدو من كلام الكرملي أنه في أواخر القرن ١٩م لم يكن أي ذكر لأي طاحونة تدار أو تستفيد من طاقة المد والجزر المهدورة هناك.

- **ثانيًا: الأوربيون:**

بحسب الوثائق التي وصلتنا تأخرت أوربا في الاستفادة من طاقة المد والجزر حتى القرن ١٢م؛ إذْ لم يستكشف تاريخ طواحين المد والجزر في فرنسا بالتفصيل، إنما يُذكر أنه في القرن الثاني عشر كانت طواحين مد وجزر في جوار نانتيس Nantes عند بياون Bayonne (١١٢٠-١١٢٥م)،

(١٧) مجلة لغة العرب، العدد ٢٦، ج٢، صاحب امتيازها: أَنِسْتاس ماري الأليـاوي الكَرْمِلي، وزارة الإعـلام، الجمهوريـة العراقيـة، مديريـة الثقافـة العامـة، مطبعـة الآداب، بغـداد، ١٩١٣م، ص ٥٩.

(١٨) مصدر الصورة: الدمشقي، شـمس الـدين أبـو عبـد الله، نخبـة الـدهر فـي عجائـب البـر والبحر، طبعة فرين وأغسطس بن يحيى مهرن، كوبنهاغن، ١٨٦٥م، ص ١٨٨.

وفي منطقة لابورد Labourd، في «بارثيس burthes» من أدور Adour أو النيف Nive، قيل: إنّ طاحونة موفيل Mufel يعود تاريخها إلى (١١٢٥ – ١١٣٣م)، وفي إسبوك Esbouc إلى ما قبل ١٢٥١م، وفي سانت بيرنارد St. Bernard إلى القرن الثالث عشر. أما في بيرتاني Brittany وفي قنال كويمياك Quimiac، فقد استحوذت تيمبلارس Templars على طاحونتين بحريتين بين ماريل Marel (ميركويل Merquel) وميسكوير Mesquer في عام ١١٨٢م. وفي القرن ١٣م كانت طواحين مد وجزر تعود إلى دير فيكامب Fecamp عند فيوليس Veules (١٢٣٥م) وعند بونت دوف Ponte d'Ouve قرب كارينتان Carentan (١٢٧٧) حيث شُغِّلت، كما ذُكر، حتى عام ١٦١٩م. أما رئيس أساقفة روين Rouen فكانت لديه طاحونتان: دي ماري de maree عند ديب Dieppe في القرن ١٤م، وواحدة عند لا روشيل La Rochelle قبل ١٣٢٥م. ولا تزال المعلومات عن هذه المدّة المتعلقة بتأريخ طواحين المد والجزر في فرنسا غامضة[١٩].

وقد وضع المهندس الفرنسي برنارد فورست دي بليدور (توفي ١٧٦١م) B. F. de Bélidor في كتابه (العمارة الهيدروليكية)[٢٠] رؤيته عن الطاقة المفقودة من حركات المد والجزر. ومنذ أن صدر الكتاب في منتصف القرن ١٨م ظهرت عدة كتابات عن الاستفادة من هذه الطاقة. وقد أُقيمت بعدها عدة منشآت صغيرة لهذا الغرض. وأكثر هذه المنشآت شهرة ومازالت تعمل حتى اليوم، السد المقام على نهر لارانس شماليّ فرنسا،

(١٩) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, p.780-781.

(٢٠) العنوان الأصلي للكتاب:

L'architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie, (1737-1753).

والذي يولد طاقة كهربائية استطاعتها ٢٤٠ ميغاواط[٢١].

أما في بريطانيا فقد أُنشئ فيها - بعد طاحونة دوفر Dover - عددٌ من طواحين المد والجزر؛ ففي ووتون Wootton (Isle of Whight)، افترض أن طاحونتها أُنشئت سنة ١١٣٢م؛ وأُنشئت في برومبلي بمحاذاة بو Bromely-by-Bow سنة ١١٣٥م؛ وفي وودبريج Woodbridge (سوفولك Suffolk) سنة ١١٧٠م؛ وفي بياردس كاسيل Bayards Castle (لندن) سنة ١١٨٠م. وقيل: إن ست طواحين مد وجزر أخرى بُنيت في القرن ١٢م، وبذلك صُنعت إحدى عشرة طاحونة بحلول ١٢٠٠م. وفي القرن ١٣م بُنيت سبعٌ وعشرون طاحونة؛ وفي القرن ١٤م بُنيت ثماني؛ وفي القرن ١٥م بُنيت ست؛ وكان ثمة سبعٌ لا يمكن إعطاء تاريخ لها بدقة أكثر من العصور الوسطى. وفي القرن ١٦م بُنيت ثلاثون أخرى. وهكذا كان مجموع طواحين المد والجزر التي شُيدت في إنكلترا بحلول القرن السابع عشر ٨٩ طاحونة[٢٢].

ومع عدم جدوى حصول الأوربيين على محركات دائمة الحركة Perpetual motion، كان لهؤلاء الباحثين دورٌ مفيد بجعل الآخرين يصلون إلى قانون حفظ الطاقة[٢٣]. وأوحت تصميماتهم بإمكان الاستفادة من مصادر جديدة في الطبيعة، إذ أصبحت ظاهرة المد والجزر شكلًا من أشكال الساعات الكونية. يقول الباحث كرومبي: «في عام ١٥٨٢م زُوِّدت لندن بالمياه، عن طريق مضخة دافعة

(٢١) رايس، إ. إ، البحر والتاريخ: تحديات الطبيعة واستجابات البشر، ترجمة: عاطف أحمد، سلسلة عالم المعرفة، العدد-٣١٤، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ٢٠٠٥م، ص ٩٩.

(٢٢) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, p.781.

(٢٣) لانداو، ل. وكيتايجورودسكي، أ، الفيزياء للجميع، ترجم بإشراف: داود المنير، ط٣، دار مير، موسكو، ١٩٧٨م. ص ١١٨.

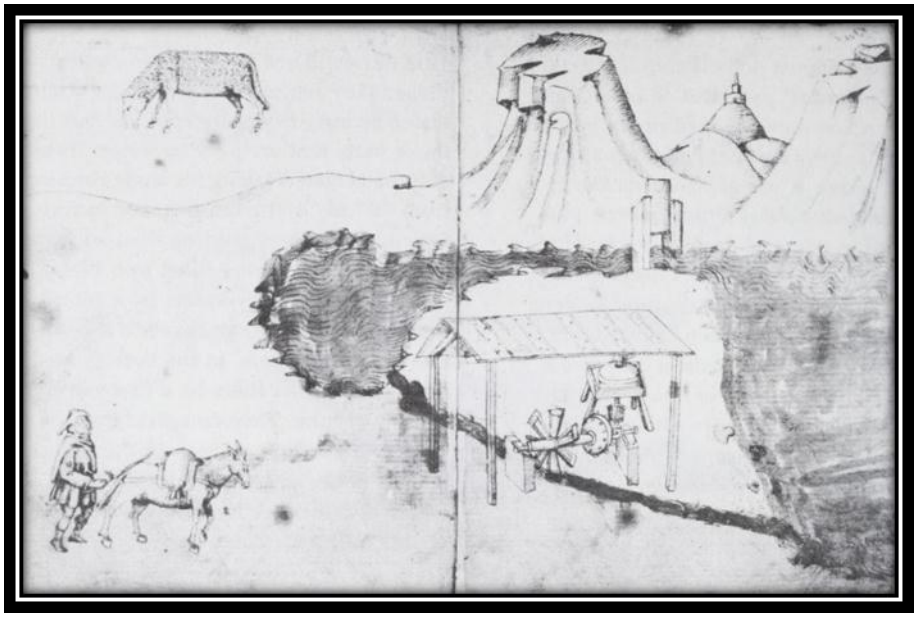
تعمل بوساطة دولاب يحرّكه المد، أقامه بالقرب من جسر لندن، المهندس الألماني بيتر موريس (توفي ١٥٨٨م) P. Morice»[٢٤].

أما في إيطاليا فقد وضع الإيطالي مارينو تاكولا (توفي نحو ١٤٥٨م) M. Taccola في كتابه (الآلات)[٢٥] تصميمًا لطاحونة تعتمد على حركة المدّ والجزر بحلول عام ١٤٣٠م (انظر الشكل-٤)، وتدور وفق الطريقة الآتية: «لنفترض أنه ثمة بركة طبيعية أو حوض ماء يمكن أن يتدفق وينحسر، قرب المحيط أو على طول الأنهار إنما بالقرب من المحيط إلى حد بعيد. إذا لم يكن هناك بركة طبيعية، فلنفترض أن ثمة بركة صنعية لها قناتان، إحداهما تسمح للماء أن يدخل في البركة عندما يرتفع البحر، والأخرى عندما ينخفض ماء البحر، ندع الفتحة مغلقة ببوابة مناسبة، ونترك القناة الأخرى مفتوحة مخرجًا للماء، يمكن بعد ذلك للماء أن يمضي إلى دواليب الطاحونة كما هو واضح في تصميم الطاحونة المذكورة آنفًا. وهذه العمليات يمكن تكرارها من حين إلى حين». ويذكر محرر التعليقات أن حركات المد والجزر كانت «القوى المدهشة كثيرًا في ذلك»، وقد «قِيْسَت» جزئيًّا في اعتمادها على أطوار القمر، وبطريقة يستحيل فهمها. وقد «كانت موثوقة بما يكفي لاستعمالها، وكانت بحجم كبير بقدرٍ كافٍ». ويتابع قائلًا: «على الأقل في بحر الأدرياتيك، مع أنه ليس مثل بحر ليغوريان Ligurian Sea قرب سينا، لاستعمالها بطريقةٍ اقتصاديةٍ جديرةٍ بالاهتمام». ربما استمد تاكولا معلومات هذا الفصل من المنطقة الأدرياتيكية؛ كما يحدث في أحيانٍ

(٢٤) تويلييه، بيير، العالم الصغير، ترجمة: لطيفة ديب غرنوق، سلسلة العلوم-١٦، منشورات وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٩٥م. ص ٧٩.

(٢٥) العنوان الأصلي: De Ingeneis.

كثيرة، حين تكون قنوات المعلومات ومصادرها مجهولة، وعرف أن حالات المد والجزر التي في الأنهار يمكن للطواحين الوصول إليها نسبيًّا. هذه الحقيقة كانت قد سُجِّلَت جزئيًّا من قَبْلُ (ظهرت على سبيل المثال عند غروستيست Grosseteste في أوائل القرن الثالث عشر)[٢٦].



(الشكل-٤) تصميم مارينو تاكولا لطاحونة تستفيد من طاقة المد والجزر[٢٧].

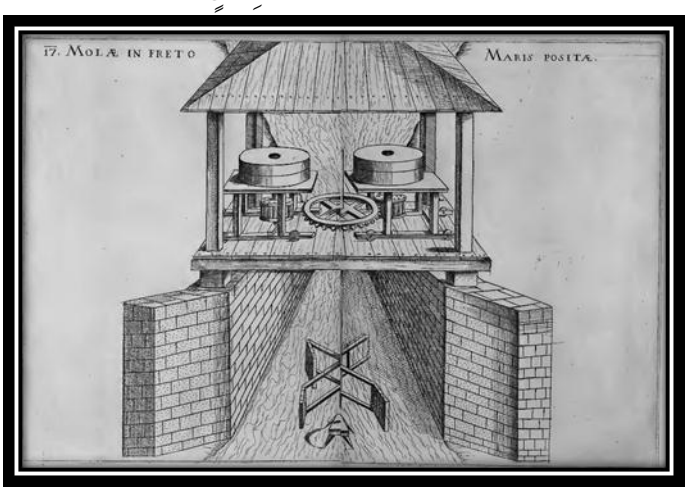
وبعد تاكولا بقرنين تقريبًا وضع الإيطالي فاوستو فيرانزيو (توفي ١٦١٧م) F. Veranzio تصميمًا آخر في كتابه (علم الميكانيك الجديد)، يحصر فيه مياه المد، ويوجهها نحو عنفات الطاحون بطريقةٍ أفضل من تصميم تاكولا. وقد طرح فيرانزيو سؤالًا: «هل كان من الممكن حتى هذه الساعة وضع رباط على البحر يمكنه أن يدير الرحى، ويفيد في عمليات أخرى تحتاج إلى الحركة؟ ثم

(٢٦) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, p. 782-783.

(٢٧) مصدر الصورة:

Prager, Frank D; Scaglia, Gustina, Mariano Taccola and his book De ingeneis, Cambridge, Mass., MIT Press, 1972, p. 86.

أجاب عن سؤاله الفني: نرى أنّه من الممكن إنجاز هذا فقط في الأماكن الضيقة والمحصورة». يقول الباحث كيلير Keller: من المحتمل أن تكون فكرة فيرانزيو وَضْع طاحونة في مضيق ساحلي ضيق قد سبق اقتراحها في طواحين المد والجزر، أي: لم يكن الأول من نوعه. ويقترح فيرانزيو أن المستودع المتشكل الذي يملؤه المد ويفرغه الجزر، يدير دواليب الطاحونة كلما قام بذلك. ويتابع فيرانزيو قائلًا: «قد يكون من الأنسب تطبيق هذا على المحيط [يعني الأطلسي، كما يقترح كيلير]، حيث يكون المد والجزر أكبر مما هو في البحار الداخلية». وقد تقدم بهذا المقترح باعتباره فكرة لاحقة في مشروعه لتكون «في صدع جرف ما، حيث تكون قوى الماء بحد ذاتها عنيفة جدًّا (في مياه البحر المقابل). أما الطاحونة نفسها فيكون لها عجلة مائية ذات رِيَشٍ مفصلية»[٢٨].



(الشكل-٥) تميز تصميم فاوستو فيرانزيو بقدرته على الاستفادة القصوى من طاقة المد والجزر[٢٩].

نشير هنا إلى أنه في حالتي تصاميم تاكولا وفيرانزيو لا نعرف: هل

(٢٨) Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, p. 783-784.

(٢٩) مصدر الصورة:

Veranzio, Fausto, Machinae novae Favsti Verantii siceni, Venice, p. 132.

نُفّذت هذه التصاميم أم كانت مجرّد اقتراحات وحبر على ورق، على غرار الكثير من التصاميم التي كان يضعها ليوناردو دافنشي (توفي ١٥١٩م) L. da Vinci ولا سيّما أنه لم يوثق انتشار لمطاحن المد والجزر في إيطاليا لكون حركة المد والجزر ضعيفة فيها؟.

وأخيرًا إنّ السؤال المشروع الذي يحق لنا طرحه الآن - في ضوء ما وصلَنا من وثائق حتى الوقت الحالي-: إذا كانت طواحين المد والجزر في البصرة هي الأولى من نوعها فكيف انتقلت إلى أوربا؟ هل كان ذلك عن طريق السفراء أم الرحالة والتجار أم عن طريق الأندلس، كما هو الحال في طواحين الهواء(٣٠)؟ قد تكون الإجابة صعبة حاليًّا، ولكن ربما كشفت لنا الوثائق مستقبلًا ما نجهله حاليًّا.

المبحث الثالث: سُبُل الوقاية من أثر المد والجزر:

على الجانب الآخر بعض الناس الذين لم يفكروا في الاستفادة من طاقة المد والجزر ركزوا جهودهم على حماية أنفسهم من أضرارها. وقد تباينت هذه الطرائق بين الخرافية وتلك التي تعتمد على وضع الحواجز والموانع.

- **أولًا: الهنود:**

في الواقع لم نعثر على محاولات التحكم بحركة المد والجزر عند الحضارات القديمة إلَّا عند الهنود. فقد ذكر محمد بن مسعود بن عليّ بن أحمد بن المجاور البغدادي (توفي ٦٩٠هـ/ ١٢٩١م) طريقة خرافية كان الهنود يؤمنون بها للتخلّص من المد، حيث قال: «وفي أجّه وجميع أعمال الهند والسند إذا زرع أحد قصب السكر ينذر للصنم نذرًا إذا طلع قصبه جيدًا

(٣٠) انظر بحثنا: «طواحين الهواء العربية»، مجلة آفاق الثقافة والتراث، مركز جمعة الماجد، دبي، العدد ٩٩، عام ٢٠١٧م.

فُدي بإنسان، فإن صحّ قصبه احتال على بعض قصار الأعمار يذبحه ويرش بدمه أصول قصب السكر في يوم عيد لهم يسمى الديواني، وإذا زاد شط السند في الأخذ على المد والحدّ يؤخذ خشف غزال يجلل بثوب أحمر ويعطر ويبخر ويطلق في أغزر موضع وأقوى جريان في السيل وأشد سوار، فحينئذ ينقص الماء بإذن الله تعالى»[٣١]. وهي أسطورة تذكرنا بأسطورة (عروس النيل) التي كان يقذف بها المصريون عند فيضان النيل.

بعيدًا عن الأساطير والخرافات كان أول استعمال موثق للتحكم بظاهرة المد والجزر في الهند يعود إلى عام ٢٤٥٠ قبل الميلاد، وقد أُبلغ عنه في منطقة أحمد آباد الهندية، حيث بنى الهارابانيون Harappans (سكان مدينة هارابان التي تقع في باكستان حاليًا) أحواضَ بناء سفن للمد والجزر، وأحواضًا مدية كبيرة على جانب الجدار مع مدخل ضيق للبحر، بحيث يمكن إغلاقها بواسطة بوابة السد. ومع أنهم كانوا قادرين على بنائها واستعمالها، ومن ثَم فهم مدى انتظام المد والجزر وإمكان التنبؤ به لم يكن ثمة توثيق لمعرفتهم وفهمهم للعلاقة بين المد والجزر والقمر والشمس[٣٢].

- **ثانيًا: العرب والمسلمون:**

أبدى خمسة من الجغرافيين والمؤرخين العرب ملاحظاتهم على وجود مؤشرات ومقاييس كانت تُستعمل في العراق لمراقبة حالة المد والجزر منذ القرن (٤هـ/ ١٠م). وكان بعضهم يتخذ إجراءات وقائية للحيلولة دون وقوع

(٣١) ابن المجاور، محمد بن مسعود، صفة بلاد اليمن ومكة وبعض الحجاز (تاريخ المستبصر)، راجعه: ممدوح حسن محمد، مكتبة الثقافة الدينية، القاهرة، ٢٠١٨م، ص١٣٣.

(٣٢) Schrum, Corinna, Tides and tidal flows, https://folk.uib.no/ngfhd/HD2LHS/Tides_and_tidal_flows_A.pdf, 2006, p.2.

ضرر من المد والجزر.

- **أبو إسحاق الإصطخري:**

أشار إبراهيم بن محمد الفارسي الإصطخري (توفي ٣٤٦هـ/ ٩٥٧م) إلى اعتماد طريقة الخشبات مقياسًا لارتفاع المد في نهر دجلة، وقد عُيِّن لها شخص يراقبها ويشعل النار بالليل ليحذر السفن. قال: «بحر فارس، وهو عريض البطن جدًّا في جنوبه بلدان الزنج، وفي هذا البحر هوارات كثيرة ومعاطف صعبة، ومن أشدها ما بين جَنَّابة والبصرة، فإنه مكان يسمى هور جَنَّابة وهو مكان مَخُوف لا تكاد تسلم منه سفينة عند هيجان البحر، وبها مكان يعرف بالخَشَبات من عَبَّادان على نحو من ستة أميال على جري ماء دجلة إلى البحر، ويرق الماء حتى يُخاف على السفن الكبار إن سلكته أن تجلس على الأرض إلا في وقت المد. وبهذا الموضع خشبات منصوبة قد بني عليها مرقب يسكنه ناظور يوقد بالليل ليُهتدى به ويُعلم به المدخل إلى دجلة، وهو مكان مَخُوف إذا ضلّت السفينة فيه خيف انكسارها لرقة الماء»[٣٣].

- **أبو الحسن المسعودي:**

تحدث أبو الحسن المسعودي (توفي ٣٤٦هـ/ ٩٥٧م) عن موقع اسمه الجرارة (الحدارة[٣٤]) أيضًا كانت تتخذ فيه إجراءات احترازية للوقاية من ضرر المد والجزر مثل وضع ألواح خشبية عند نقطة التقاء النهر بالبحر، حيث قال: «وللبصرة أنهارٌ كبارٌ: مثل نهر شيرين، ونهر الرس، ونهر ابن عمر، وكذلك ببلاد الأهواز فيما بينها وبين بلاد البصرة، أعرضنا عن ذكر

(٣٣) الإصطخري، أبو إسحاق، المسالك والممالك، دار صادر، بيروت، ٢٠٠٤م، ص ٣٢.

(٣٤) هكذا يسميها المؤلف الشيخ عبد القادر باش أعيان العباسي، في كتابه البصرة في أدوارها التاريخية، ص ٩.

ذلك، إذ كنا قد تقصينا الأخبار عنها وأخبار منتهى بحر فارس إلى بلاد البصرة والأبلة وخبر الموضع المعروف بالجرارة - وهي داخلة من البحر إلى البر تقرب من نحو بلاد الأبلة، ومن أجلها ملح الأكثر من أنهار البصرة - ولهذه الجرارة اتخذت الخشبات في فم البحر مما يلي الأبلة وعبّادان، عليها أناس يوقدون النار بالليل على خشبات ثلاث كالكرسي في جوف الليل خوفًا على المراكب الواردة من عمان وسيراف وغيرهما أن تقع في تلك الجرارة [وغيرها، فتعطب]، فلا يكون لها خلاص، وقد ذكرنا ذلك فيما سلف من كتبنا، وهذه الديار عجيبة في مصبات مياهها واتصال البحر بها، والله أعلم»[٣٥].

- **ناصر خسرو:**

أشار ناصر خسرو الحكيم المروزي (توفي ٤٨١هـ/ ١٠٨٨م) إلى وجود مقياس على شكل عمود أو جدار طوله قرابة ٥ أمتار ليكون بمثابة مؤشر على حدوث المد أو الجزر بحيث ينبّه المراقبين. قال: «يحدث المدّ ببحر عمان عادة مرتين كل أربع وعشرين ساعة، فيرتفع الماء بمقدار عشر أذرع، وحين يبلغ الارتفاع أقصى مداه يبدأ الجزر بالتدريج، فينخفض الماء عشرًا أو اثنتي عشرة ذراعًا، ويُعرف بلوغ ارتفاع الماء مقدارَ الأذرع العشر بظهوره على عمود أقيم هناك أو على حائط، ولو كانت الأرض مستوية وغير عالية لعظم امتداد البحر إليها، ويسير النهران دجلة والفرات بغاية البطء حتى يتعذر في بعض الجهات معرفة اتجاه التيار فيهما، وحين يبدأ المد يدفع البحر ماءهما مسافة أربعين فرسخًا حتى يُظنَّ أنّهما يرتدان إلى

(٣٥) المسعودي، مروج الذهب ومعادن الجوهر، ج١، ط١، اعتنى به وراجعه: كمال حسن مرعي، المكتبة العصرية، صيدا-بيروت، ٢٠٠٥م، ص ٨٣.

منبعيهما. أما في الأماكن الأخرى التي تقع على شاطئ البحر فإن امتداد المد إليها يتوقف على ارتفاعها وانخفاضها، فحيثما استوت الأرض ازداد المد، وحيثما ارتفعت قلّ»[٣٦].

- **ابن المجاور الشيباني:**

ذكر يوسف بن يعقوب بن محمد بن علي الشيباني الدمشقي (توفي ٦٩٠هـ/ ١٢٩١م) طريقة خرافية للتخلص من المد الزائد، من الواضح أنه نقلها عن الهنود، حيث قال: «وإذا زاد شط السند في الأخذ على المد والحد يؤخذ خشف غزال يجلَّل بثوبٍ أحمر ويعطر ويبخر ويطلق في أغزر موضع وأقوى جريان في السيل وأشد سوار فحينئذ ينقص الماء بإذن الله تعالى»[٣٧].

- **عبد الغني بن أحمد المصري:**

قدم عبد الغني بن أحمد المصري (توفي ٨٥٤هـ/ ١٤٥٠م) مخططًا لمدينة المهدية (وهي مدينة في المغرب أسسها الأمير المهدي) محاطة بسور، وبداخلها ثلاثة قصور، وحولها خندق، وحدّد على المخطط المسافة بين المهدية وغيرها من المدن والجُزُر. وقد روعيَ في تصميم هذا الخندق مدّ وجَزْر البحر بحيث لا يدخله[٣٨].

---

(٣٦) خسرو، ناصر، سفرنامة، ترجمة: يحيى الخشاب، ط٣، دار الكتاب الجديد، بيروت، ١٩٨٣م، ص ١٤٩.

(٣٧) الشيباني، ابن مجاور، صفة بلاد اليمن ومكة وبعض الحجاز المسمى تاريخ المستبصر، تحقيق: أو. لوفغرين، ليدن، ١٩٥١م، ص ١١٥.

(٣٨) المصري، عبد الغني، غرائب الفنون وملح العيون، مخطوطة مكتبة بودليان رقم (MS. Arab. c. 90)، ص ٣٤و.

(الشكل-٦) مخطط مدينة المهدية كما هو مرسوم في المخطوطة، ونلاحظ من الرسم السفلي أن باب المدينة مرتفع لا تصل إليه مياه المدّ، كما هو موضح في يسار الرسم(٣٩).

- **ابن عبد المنعم الحِميري:**

تكلم أبو عبد الله محمد بن عبد الله بن عبد المنعم الحِميري (توفي ٩٠٠هـ/ ١٤٩٥م) على وادٍ يقع بالقرب من مدينة سلا الأندلسية، «هذا الوادي يدخله المد والجزر مرتين في كل يوم، فإذا كان المد دخلت

(٣٩) مصدر الصورة: المصري، عبد الغني، غرائب الفنون وملح العيون، ص ٣٤و.

المراكب به إلى داخل الوادي، وكذلك تخرج في وقت خروجها»[٤٠]. وهذا يعني أن الملاحة في النهر كانت تستفيد من حركة المد والجزر التي كانت تحدث مرتين في اليوم.

- **سِباهي زاده:**

ويحدثنا محمد بن علي البروسوي سِباهي زاده (توفي٩٩٧هـ/ ١٥٨٩م) عن الإجراءات الاحترازية من المد والجزر التي كانت تتخذ في مدينة عبّادان (أو عبدان التي تقع حاليًّا في محافظة خوزستان جنوبيّ غربيّ إيران) على ضفاف نهر شط العرب، وهي مدينة عرفت في العصر العباسي بأنها ميناء رئيس. قال: «وفي جنوبي عبّادان وشرقيها الخشبات، وهي علامات في البحر للمراكب تنتهي إليها ولا تتجاوزها خوفًا من الجزر؛ لئلا تلحق الأرض»[٤١].

الخاتمة والنتائج:

بعد النظر في ما وصلَنا من وثائق ونصوص تتعلق بأساليب العرب في الاستفادة من طاقة المد والجزر ودراستها وصلنا إلى النتائج الآتية:

- لمدينة البصرة أن تفخر بأن الوثائق التاريخية العربية والعالمية، التي عثرنا عليها حتى الوقت الحاضر، تشير إلى أنها أول مدينة عربية استثمرت طاقة المد والجزر واستفادت منها عمليًّا، وذلك بواسطة الطواحين التي وضعتها في طريق المياه ذهابًا وإيابًا. وبناءً على ذلك إنّ العرب سبقوا الأوربيين في هذا المجال بثلاثة قرون على الأقل.

---

(٤٠) الحِميري، محمد بن عبد الله بن عبد المنعم، الروض المعطار في خبر الأقطار، تحقيق: إحسان عباس، ط٢، مؤسسة ناصر للثقافة، بيروت، ١٩٨٠م، ص ٣١٩.

(٤١) سباهي زاده، محمد بن علي البروسوي، أوضح المسالك إلى معرفة البلدان والممالك، تحقيق: المهدي عيد الرواضية، ط١، دار الغرب الإسلامي، بيروت، ٢٠٠٦م، ص ٤٦٣.

- لم نعثر على أي دليل بشأن انتقال أساليب الاستفادة من طاقة المد والجزر التي ابتكرها أهل البصرة إلى الأوربيين.

- لقد استعمل العرب وسائل للوقاية من خطر وضرر المد والجزر عن طريق الحواجز الصخرية، أو عن طريق بوابات التحكم، أو عن طريق المؤشرات والمقاييس.

* * *

المصادر والمراجع

أولًا: المراجع العربية:

- الإصطخري، أبو إسحاق، المسالك والممالك، دار صادر، بيروت، ٢٠٠٤م.
- البطروجي، نور الدين، كتاب في الهيئة، مخطوطة مكتبة الأسكوريال، رقم (٩٦٣).
- تويلييه، بيير، العالم الصغير، ترجمة: لطيفة ديب غرنوق، سلسلة العلوم-١٦، منشورات وزارة الثقافة، دمشق، ١٩٩٥م.
- جبر، يحيى عبد الرؤوف، التكون التاريخي لاصطلاحات البيئة الطبيعية والفلك - مجلة مجمع اللغة العربية في الأردن، العدد ٤٦ - يناير، عمان، ١٩٩٤م.
- الحِميري، محمد بن عبد الله بن عبد المنعم، الروض المعطار في خبر الأقطار، تحقيق: إحسان عباس، ط٢، مؤسسة ناصر للثقافة، بيروت، ١٩٨٠م.

- خسرو، ناصر، سفرنامة، ترجمة: يحيى الخشاب، ط٣، دار الكتاب الجديد، بيروت، ١٩٨٣م.
- الدمشقي، شمس الدين أبو عبد الله، نخبة الدهر في عجائب البر والبحر، طبعة فرين وأغسطس بن يحيى مهرن، كوبنهاغن، ١٨٦٥م.
- رايس، إ. إ، البحر والتاريخ: تحديات الطبيعة واستجابات البشر، ترجمة: عاطف أحمد، سلسلة عالم المعرفة، العدد-٣١٤، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ٢٠٠٥م.
- سباهي زاده، محمد بن علي البروسوي، أوضح المسالك إلى معرفة البلدان والممالك، تحقيق: المهدي عيد الرواضية، ط١، دار الغرب الإسلامي، بيروت، ٢٠٠٦م.
- ابن سيده، علي بن إسماعيل، المخصص، تحقيق: خليل إبراهيم جفال، ط١، ج٣، دار إحياء التراث العربي، بيروت، ١٩٩٦م.
- الشيباني، ابن مجاور، صفة بلاد اليمن ومكة وبعض الحجاز المسمى تاريخ المستبصر، تحقيق: أو. لوفغرين، ليدن، ١٩٥١م.
- بصمه جي، سائر، طواحين الهواء العربية، مجلة آفاق الثقافة والتراث، مركز جمعة الماجد، دبي، العدد ٩٩، عام ٢٠١٧م.
- العباسي، عبد القادر باش أعيان، البصرة في أدوارها التاريخية، مطبعة دار البصري، بغداد، ١٩٦١م.
- العمري، ابن فضل الله، مسالك الأبصار في ممالك الأمصار، ج١٦، ط١، المجمع الثقافي، أبو ظبي، ٢٠٠٢م.
- الكندي، يعقوب بن إسحاق، رسالة في العلة الفاعلة للمد والجزر، نسخة موجودة ضمن مجموع أياصوفيا رقم (AYASOFYA4832).

- لانداو، ل. وكيتايجورودسكي، أ، الفيزياء للجميع، ترجم بإشراف: داود المنير، ط٣، دار مير، موسكو، ١٩٧٨م.
- ابن المجاور، محمد بن مسعود، صفة بلاد اليمن ومكة وبعض الحجاز (تاريخ المستبصر)، راجعه: ممدوح حسن محمد، مكتبة الثقافة الدينية، القاهرة، ٢٠١٨م.
- مجلة لغة العرب، العدد ٢٦، ج٢، صاحب امتيازها: أَنِسْتاس ماري الأليساوي الكَرْمِلي، وزارة الإعلام، الجمهورية العراقية، مديرية الثقافة العامة، مطبعة الآداب، بغداد، ١٩١٣م.
- المسعودي، مروج الذهب ومعادن الجوهر، ج١، ط١، اعتنى به وراجعه: كمال حسن مرعي، المكتبة العصرية، صيدا-بيروت، ٢٠٠٥م.
- المصري، عبد الغني، غرائب الفنون وملح العيون، مخطوطة مكتبة بودليان رقم (MS. Arab. c. 90).
- أبو معشر البلخي، جعفر، المدخل الكبير في علم أحكام النجوم، مخطوطة المكتبة الوطنية بباريس، رقم (Arabe 5902).
- المقدسي البَشَّاري، أبو عبد الله محمد بن أحمد، أحسن التقاسيم في معرفة الأقاليم، ط٣، مكتبة مدبولي القاهرة، ١٩٩١م.
- ابن ميمي، عبد القادر، يتيمة العصر في المد والجزر، مخطوطة دائرة المعارف العثمانية، حيدر أباد الدكن، رقم (ق ع ١١٠/ ٤٢٣).
- هوث، جون إدوارد، الفن الضائع ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل، ترجمة: سعد الدين خرفان، سلسلة عالم المعرفة، العدد-٤٤١، تصدر عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ٢٠١٦م.
- ابن الوردي، سراج الدين أبو حفص عمر بن المظفر، خريدة العجائب

وفريدة الغرائب، تحقيق: أنور محمود زناتي، ط١، مكتبة الثقافة الدينية، القاهرة، ٢٠٠٨م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية:

- Cartwright, David Edgar, Tides: A Scientific History, Cambridge University Press,Cambridge, 1999.
- L'architecture hydraulique, ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie, (1737-1753).
- Minchinton, W. E., Early Tide Mills: Some Problems, Technology and Culture, Vol. 20, No. 4 (Oct., 1979), The Johns Hopkins University Press and the Society for the History of Technology.
- Prager, Frank D; Scaglia, Gustina, Mariano Taccola and his book De ingeneis, Cambridge, Mass., MIT Press, 1972.
- Singer, Charles, et al., A History of Technology, volume 2, Oxford, Oxford University Press, 1957.
- Veranzio, Fausto, Machinae novae Favsti Verantii siceni, Venice.
- Williams, Edgar, Moon, Reaktion Books Ltd, London, 2014.

ثالثًا: مواقع على الشابكة (الإنترنت):

Schrum, Corinna, Tides and tidal flows,

https://folk.uib.no/ngfhd/HD2LHS/Tides_and_tidal_flows_A.pdf, 2006.

❊ ❊ ❊