

الاكتساح والنحت

بواسطة الرياح

للمكتوم - جوده حسين جوده

١ - تطور البحث في تأثير الرياح على سطح الأرض وفي الصحارى :

في النصف الثاني من القرن الثامن عشر أشار De Luc (١٧٧٦) إلى أهمية الرياح في حمل الغبار ؛ وعالج هذه الظاهرة أيضاً Elie de Beaumont (١٨٤٥) ، واعتبر الرياح من أهم عوامل النقل . وقد أشار كل من Virlet d'aous (١٨٥٨) و Bravard (١٨٥٧) لأول مرة إلى أهمية تراكم الغبار في تشكيل سطح الأرض . وقد استطاع Blake (١٨٥٥) أن يكتشف أهمية الرياح كعامل نحت ، ومن بعده استمر Gilbert (١٨٧٤) في دراسة تلك الظاهرة . وكان O. Fraas (١٨٦٧) أول من شاهد عملية نشق الصخور بفعل التذبذبة والتفاوت في درجات الحرارة ؛ كما أشار إلى تكوين القشور الصلبة . .

وفيما يخص بالصحارى عموماً فقد وصف E. Desor (١٨٦٤) الصحراء الكبرى ، واستطاع أن يميز بين الصحارى الهضبية أو صحارى الحمادا Hamada ، و صحارى التعرية (البخا ، الجوف الحفرا ، الداجا ، الشط) والصحارى الرملية (الأرج Erg أو Areg) كآتماط من طبيعة الأرض الصحراوية . وقد تمسك هذا الباحث بنظرية الرحالة القدماء (هيرودوت و اراتوستينس وديودور ، وسكيلاكس وبطليموس) التي كانت تعتبر الصحارى قيعاناً لبحر قديمة . أما Pomet (١٨٧٢) فقد عارض تلك النظرية التي عارضها من بعده Pélagaud (١٨٨٠) ، ولكن O. Lenz (١٨٨١) عارضها ثم استطاع K. V. Zittel (١٨٨٣) أن ينقضا من أساسها بأبحاثه الجيولوجية والباليوغرافية في الصحراء الليبية . وقرر أن مظاهر التضاريس الصحراوية إنما تدين بوجودها

وتكوينها إلى تصافر تأثير الجو والمياه العذبة لا إلى تأثير الأمواج . ولكنه حدد تأثير الرياح بقوله أنه يرى تأثير الرياح الحقيقي في تكوين الكشبان وتوزيع وتنظيم الرمال ؛ أما الحافات الشديدة الانحدار والأراضي الصخرية والأودية الجافة التي رأها في الصحراء فهي في رأيه أدلة قاطعة على النحت بواسطة المياه .

وقد درس V. Richthofen (١٨٨٧) تأثير الرياح دراسة مستنيضة في كتابه عن الصين ؛ وتلورت أبحاثه وأثمرت في نظريته عن تكوينات اللبس Loess

وقد تقدمت الأبحاث في جيومورفوجية الصحارى وتأثير الرياح بعد ذلك بفضل مجهودات وأبحاث E. Kaiser و Passarge و Johannes Walther

٢ - مجالات تأثير الرياح :

الرياح ظاهرة عالمية تنتشر في كل أرجاء الأرض ، لكنها لا تأتي كعامل مشكل لسطح الأرض إلا حيث تسود المحولة والجفاف ، فهنا يصبح لتأثير الرياح أهمية جيومورفوجية كبيرة . فالغطاء النباتي يكسر حدة احتكاك الرياح ويحمي التربة - إن لم يكن كلية فالى حد كبير - من تأثير الرياح (أنظر R. Geiger ١٩٤٢ ص ١٠٠ وما بعدها) . وعلى العكس من ذلك نجد أن عمليات الحفر وقلب التربة وحرمان الأرض من نباتها وتدخل الانسان والحيوان في تدمير النبات ، كل ذلك يلائم عمليات التعرية الهوائية .

وعلى هذا نجد مناطق معينة تتميز بتأثير واضح للرياح هي (O. Maull ١٩٥٨ ص ٤٠٤) :

- ١ - المناطق الفقيرة في نباتها والحالية من النبات حيث يسود الجفاف ، أي مناطق الصحارى والامتيس وغيرها من الأراضي شبه الجافة .
- ٢ - سواحل البحار وبعض البحيرات .

- ٣ - الأراضي الحصوية النهرية والشطوط الرملية للأهوار التي تغلغ من النبات ، ويدخل ضمن هذه بعض الأراضي الفيضية .
- ٤ - المدرجات الجبلية المنحدرة في النبات أو الخالية منه .
- ٥ - الأراضي البركانية الحديثة .
- ٦ - الأراضي الجليدية .
- ٧ - الطرق والأراضي الزراعية التي تغلغ فترة من النبات (الشرافي)

وعلى العكس من ذلك لا تمارس الرياح أى تأثير واضح في الأراضي التي يغطيها غطاء نباتي كثيف وفي الأراضي الزراعية (علما ما ذكر منها تحت رقم ٧) . وأيضاً نجد أنه في المناطق تحت رقم ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ تتدخل عوامل أخرى يندر معها تكوين أشكال مورفولوجية من تأثير الرياح .

٣ - قوة الرياح :

من الممكن تعيين قوة الريح - كقوة الماء - بالقاعدة الآتية :

$\frac{W}{2} = \rho \cdot V^2$ باعتبار حرف « ك » دالاً على كثافة الهواء المتحرك وحرف « س » دالاً على سرعة الريح . وسرعة الريح في معظم الأحيان أكبر بكثير من سرعة المياه .

وتبلغ سرعة الرياح في الجبال الشاهقة وعلى السواحل بين ٧ - ١٠ متر في الثانية كمتوسط سنوي . ففي فالينشيا Valentia (جنوب أيرلندا) تبلغ سرعة الرياح ٧.٤ متر في الثانية كمتوسط سنوي ، وفي مرتفعات سينس Sacntis (جبال الألب - ارتفاعها ٢٤٤٠ متر) ٧.٧ متر وفي سون بليك Sonoblick (ارتفاعها ٣١٠٠ متر بجبال الألب) تبلغ سرعة الريح ٧.٥ متر كمتوسط سنوي . أما في بايكس بيك Pikes Peak (مرتفعات الروكي) فيصل المعدل السنوي لسرعة الرياح إلى ٩.٢ متر في الثانية . وتزداد سرعة الرياح على القمم المنعزلة التي يحيط بها فضاء واسع

حتى ولو كانت قليلة الارتفاع ؛ ففي مونت واشنطن Mount Washington في شمال مرتفعات الأبلاتش يبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح ١٥ متر في الثانية على الرغم من أن ارتفاعه لا يزيد عن ١٩٥٠ متراً . ويمكن القول عموماً أن سرعة الرياح تشتد في الأراضي الداخلية كلما ارتفعنا ؛ ففي أراضي منطقة ناوين Nauen غربى برلين تبلغ سرعة الرياح على ارتفاع ٢ متر ٣,٢٩ م/ثانية ؛ وعلى ارتفاع ١٦ م تبلغ سرعة الريح ٤,٨٦ م/ثانية ؛ وعلى ارتفاع ١٦ م تبلغ سرعة الريح ٤,٨٦ م/ثانية ، وعلى ارتفاع ٣٢ م يبلغ المعدل السنوي لسرعة الرياح ٥,٥٤ م/ثانية .

وبشدة تأثير الرياح على الخصوص عندما تبلغ سرعة الرياح نهايتها العظمى . ففي مرتفعات Saentis وصل المتوسط اليومي لسرعة الرياح ٣٢,٣ متراً في الثانية ، بل قد بلغت السرعة ٤٦,١ متراً/ثانية ، ويحدث ذلك على الخصوص في بعض أيام وسط الشتاء . وفي مدينة « زيبوديج » تصل النهاية العظمى لسرعة الرياح أحياناً إلى ٢٤ م/ثانية .

وعلى الرغم من أن سرعة الهواء المتحرك تفوق سرعة المياه الجارية بكثير ، إلا أن الهواء أقل كثافة من المياه ودونها في كتلتها (ك) المتحركة ، وبالتالي فإن قوة الهواء المتحرك أضعف من قوة المياه الجارية . ولا يعتمد تأثير الرياح على كتلة الهواء وإنما على سرعته في مكان التأثير . وعموماً لا تتحرك الرياح في مسار ضيق محدود كما هي حال مياه نهر ، ولكنها تهب على مساحة كبيرة فتصقلها . وتلائم نفسها بالبيئة الجديدة التي قد تتميز باختلاف في طبيعتها ، وتباين في ارتفاعها . وتتسوق الرياح على الجنيد المتحرك والمياه الجارية في قدرتها على مقاومة الجاذبية الأرضية ؛ فهي تتحرك صعداً إلى قمم المرتفعات وتهبط إلى أسافلها ؛ وهي في مسارها لا تنقيد بانحدار معين ولهذا لا يمكن تلبية الطبيعية التي تشكلها الرياح أن تظهر في صورة بيئة الأودية ، ولكنها تتطور إلى مظهر البيئة الجوضية ، وعندما يمر التيار الهوائي بموائق فإنه يحتجز أمامها ؛ فيزداد عنفاً ، بينما يتوزع في ظهرها فتضعف قوته . ومع هذا فإن قوة الرياح الماطبة تشتد فيها وراء العقبة

خاصة إذا كان الانحدار شديداً ، ويزداد تأثيرها كلما كبرت زاوية الانحدار .

ويصبح دوام تأثير الرياح دون تأثير المياه الجارية في الجهات التي تهب عليها الرياح بانتظام . فتأثير الرياح يتغير بالتباين في قوتها وفي اتجاهاتها وفي تكرر هبوبها . ويزداد تأثيرها عندما تهب على دفعات وفي شكل هبات مختلفة السرعة ، وكثيراً ما تتدخل مظاهر التضاريس في إعاقتها أو في تغيير اتجاهاتها ، وكثيراً ما يحدث الخطأ في تمييز الجانب المقابل للرياح من الجانب المظاهر لها . وإلى جانب التيارات الهوائية السطحية السائدة ، هناك التيارات الصاعدة أو الدوامات التي تمتاز بقدرة كبيرة على الامتصاص صعوداً .

ولا تسبب الرياح قوتها في الهبوب فحسب ، وإنما تقوم أيضاً بالنقل هبوطاً وصعوداً (E. E. Free 1911) . وذرات المواد التي تحملها الرياح هي التي تصنع «غبار الجنو» ، «والجر المغبر» كالماء العكبر من تأثير ذرات المواد الدقيقة العالقة بهما .

وتتوقف مقدرة الرياح على النقل على سرعتها ، وذلك حينما تظل كتلة الهواء المتحرك ثابتة . وقد أجريت عدة تجارب لتحسين مقدرة الرياح على النقل مع اختلاف السرعة وباستخدام رمال من الكوارتز وكانت النتائج كالآتي (J. Thoulet 1911 ، وأنظر أيضاً Sokolo 1894 و Bagnold 1941) :

سرعة الرياح متر/ ثانية	قطر الحبيبات بالمليمتر	
٠.٢٥	٠.٠٣	رمل بالغ النعقة
٠.٥	٠.٠٤	
١.٥	٠.١٢	رمل دقيق جدا
٣.٠	٠.٢٥	رمل دقيق
٤.٠	٠.٣٢	
٧.٤	٠.٦	رمل متوسط
١١.٤	١.٠٤	رمل خشن

وتتحكم أيضاً في كمية ما تستطيع الرياح نقله عوامل أخرى تختص بالحبيبات نفسها كشكل الحبيبة وموضعها ، إذ تزداد مقدرة الرياح على تحريك الحبيبات والذرات التي تتميز بشكل غير منتظم .

وتستطيع عواصف الغبار وزوابع الرمال أن تنقل ما يحمله الهواء من مواد دقيقة عبر مسافات شاسعة قد تصل أحياناً إلى عدة آلاف ومن الكيلو مترات L. Wittschell ١٩٣٠ ، Rodewald ١٩٣١ . هذه العواصف والزوابع تهب من الصحراء الكبرى ، إذ تثيرها انخفاضات جوية تتحرك على طون حواف الأقاليم الجافة ، وتلك هي العواصف التي أطلق عليها « تيسلتر Zistler (١٩٢٦) » اسم السيروكو Scirocco . ومثال تلك العواصف ماهب منها في يوم ٩ - ١٢ مارس سنة ١٩٠١ فقد استطاعت تلك العواصف أن تنقل غبار الصحراء الكبرى الأفريقية إلى شمال القسم الأوسط من أوروبا . وقد قدر وزن ما سقط منها من غبار في شمال أفريقيا بـ ١٥٠ مليون طن متري . وفي إيطاليا ١.٣١٤ مليون طن ، وفي انجسا والمجر ٣٧٥ ألف طن ، وفي شمال ألمانيا - ٩٣ ألف طن (أنظر Hellmann و Meinardus ١٩٠١) . وفي شهر فبراير سنة ١٩٠٣ هبت عاصفة ترابية أعنف ، أمطقت على أراضي غرب ووسط أوروبا غباراً قدر وزنه بعشرة ملايين من الأطنان (Herrmann ١٩٠٣) ولا تتميز الصحراء الكبرى وحدها بظاهرة العواصف الترابية ، فهناك جهات كثيرة من أنحاء العالم تعرف زوابع الغبار وتعاق منها كسبه الجزيرة العربية والعراق وإيران والقسم الداخلي من قارة آسيا حيث تنشأ فيه الزوابع التي تهب على الصين (أنظر Guppy ١٨٨١ و Harrington ١٨٨٦ و Richtshofen ١٨٧٧) ؛ وعدا هذه المناطق هناك أيضاً شمال غرب الهند (Baddeley ١٨٩٩) وأستراليا (Noble ١٩٠٤) . ولا يقتصر حدوث تلك العواصف في المناطق الصحراوية فحسب ، بل تصادفها أيضاً في الجهات شبه الصحراوية ، في أراضي الاستبس كما في جنوب أفريقيا والسودان (تهب نحو خليج غينيا) ، وأراضي الاستبس الروسية ، وفي براري أمريكا الشمالية ، وتتولد هنا على الخصوص في أراضي الغرب الجافة .

ويتكرر سقوط الغبار الآتى من الصحراء الكبرى في أراضي وسط أوروبا كثيراً ، وهو - عدا المثاليين السابقين الواضحى التأثير - يظهر هناك في شكل ثلج ملون ، إذ يختلط بالثلوج المتساقطة فيخلع عليها لونه . ففي سنة ١٩٠٦ (٢٢ - ٢٣ مارس) تساقط ثلج مصفر اللون على مرتفعات الألب الشرقية في جنوب النمسا وشمال إيطاليا (الألب الكارنية Carnic Alps) وفي سنة ١٩١٦ (٩ مارس) تساقطت ثلوج حمراء اللون على منطقة شتاير مارك Steiermark قرب جراتس Gratz بالنمسا . وفي سنة ١٩٣٦ (٢٨ فبراير) تلبت سماء المنطقة السالفة الذكر بسحاب أصفر اللون ما لبث أن تساقطت منه ثلوج غزيرة صفراء اللون . وبعد مرور بضعة أيام من ذلك التاريخ أهبم مطر أصفر اللون على معظم الأراضي السويسرية . وقد تكرر حدوث هذه الظاهرة ست مرات في مدى عام واحد (حتى ٢٤ مارس سنة ١٩٣٧) وشملت معظم مرتفعات الألب .

وعدا الغبار الذى يتكون من ذرات دقيقة ، تستطيع الرياح أيضاً أن تحرك مفتحات صخرية وحصى يصل في حجمه إلى حجم بيض الدجاج . فالرياح إذن تمتاز بقدرتها على النقل من موضع والارساب في موضع آخر .

٤ - الاكتساح والنحت بواسطة الرياح :

تعتبر عملية التعرية بواسطة الرياح عملية مزدوجة تساهم فيها ظاهرتان يصعب تحديدهما أقوى تأثيراً . فعلمية الاكتساح Deflation = Ausblasung بواسطة الرياح تؤدي إلى حمل ودفع وإزالة المواد الصخرية الهشة من غبار ورمال وحصى ذى حجم معين . أما عملية النحت Corrosion فتتم بواسطة انتمضاض للرياح المحملة بالمفتحات الصخرية التى تتحول إلى عواصف رملية تتموى على مسح الصخور وبريها وصلفها ، كما تستطيع نحر الصخور وحفره وتكوين كهوف وثقوب وخطوط غائرة . هاتان الظاهرتان - الاكتساح والنحت - تدأبان في العمل وتتناوبان التأثير في الصخر ، وهما يتم تأثير الرياح كعامل تعرية . فحينما ترقى عملية الاكتساح - بما ترفعه وتمحله من حطام صخرى - إلى مرتبة النحت ، تبدأ عملية النحت في تفكيك صخرى

وتنشئته وإعداده للاكتساح ، ثم يبدأ النحت من جديد . ولهذا فإن طبيعة الصخر عامل من العوامل الهامة التي تتوقف عليها قدرة تأثير كل من الاكتساح والنحت . وهناك خلاف بين الجيولوجيين والجيومورفولوجيين في تقييم قدرة كل من الاكتساح والنحت على تشكيل سطح الصحارى . فيرى كل من والتر J. Walther (١٨٩١ و ١٩٠١ و ١٩٢٤) الذي درس التعرية الهوائية في صحراء حلوان ، وشفينفرت Schweinfurth (١٨٩٦) وكايزر E. Kaiser (١٩٢٣ و ١٩٢٦ و ١٩٢٧) الذي قام بأبحاثه في صحراء ناميب Nemib (أنظر الخريطة في نهاية البحث) أن عملية الاكتساح أهم وأبعد أثراً إليها يرجع الفضل في تكوين الأشكال الكبيرة في الصحراء . بينما يعمل النحت على تكوين الأشكال الصغيرة فقط . ويعتقد هذا الفريق من الباحثين أن النحت بواسطة الرياح يقتصر تأثيره على الأراضي البانعة الجفاف والمحولة ، بينما يشمل تأثير الاكتساح مجالات أوسع رقعة وامتداداً .

وقد عارض بسارجى Passarge (١٩٠٩ و ١٩٢٤ و ١٩٢٦ و ١٩٣٣) هذا الرأي وقال إن صحراء ناميب نظراً لغناها بالرمال لا تصلح أساساً لمثل هذا التفسير ؛ وبناء على أبحاثه الجيومورفولوجية في الصحارى المصرية ، استطاع أن يميز من خلال دراسته لمختلف العمليات التي تتم بناء على التباين في طبيعة الأرض ، بين الدور الذي تقوم به عملية الاكتساح والدور الذي تقوم به عملية النحت . ففي الصحراء الشرقية التي تتلوه من الرمال ، وتتميز بأرض يختلط فيها الغبار بالأملاح ، يوجد فيها الحطام الصخري أسفل غشاء أو قشرة ملحية رقيقة لا يتعدى سمكها مليمترًا واحدًا ، وهي من الرقة بحيث يستطيع الاصبع اختراقها بسهولة ؛ وتوجد تحت تلك القشرة مواد دقيقة الحبيبات ترابية هشة من الممل تحريكها ، وتختلط بها بعض الحبيبات الخشنة . وعلى الرغم من وجود تلك المواد الهشة فإن الرياح لا تقوى على اكتساحها ، ويرجع ذلك لانعدام وجود رمال ، وبسبب وجود القشرة الملحية الرقيقة التي تحمي تلك المواد الدقيقة من تأثير الرياح . وينضح تأثير

هذين العاملين حتى عندما تهب العواصف الشديدة ، إذ أن الجو يبقى نظيفاً خالياً من الغبار . هذه القشرة الملحية تماثل في تأثير الجلي ما يسمى بالغشاء الرافى الذى وصفه Mortensen (١٩٢٩ و ١٩٥٠) في صحراء شيل (أنظر أيضاً Blanck ١٩٣١) كما شاهده ووصفه Brandt (١٩٣٢) و Passarge (أنظر المراجع السابقة له) في صحارى مصر ؛ هذا الغشاء يمثل قشرة متصلة لا يزيد سمكها عن بضعة مليمترات قليلة ، ويتركب من الغبار المش غير المتناسك الذى يوجد أسفله . ويبدو أن هذا الغشاء قد تكون نتيجة لتعرض الأتربة لرتوبة عرضية أعقبها تبخير سريع فتهاسكت وتلاصحت وتصلبت . وشبهه بهذه القشرة الرقيقة الكلسية التى تتكون عادة في أراضي الامنيس ، والتى تغطى الأرض الجافة التى تحتوى على نسبة من أملاح الكلسيوم . ومثله أيضاً ما يحدث في أراضي العروض المعتدلة إذ تجف التربة السطحية في شكل قشرة صلبة . ولا يقتصر وجود تلك الظاهرة في صحارى مصر وصحراء أتاكاما Atacama فحسب ، بل توجد أيضاً في الصحراء الجزائرية ، وفي الجهات الغربية الجافة من أمريكا الشمالية حيث استطاع راسيل J. C. Russell (١٨٨٩) أن يتعرف عليها في حوض نهر «سنيك» Snake . وفي صحراء مصر الغربية حيث يتوفر وجود الرمال مع وجود الأراضي التى يختلط فيها الغبار بالأملاح . تستطيع الرياح أن تقوم بوظيفة في الاكتساح والنحت ، إذ تتوافر لديها معاول الهدم وهى الرمال . فالرياح هنا تستطيع بما تحمله من رمال أن تمزق الغشاء الملحي المتصلب ، وتنقله إلى ما تحته من غبار فتدريه ، وسرعان ما يغير الجو حتى ولو كانت الريح ضعيفة ، وتهب على الصخور فتصقلها وتبريها وتخلع أشكالاً جديدة وفي منطقة بحيرة قارون باتليم الفيوم نجد أمثلة حية واضحة لتعرية الهوائية سواء حيث توجد الرمال أو حيث ينعدم وجودها . ففى نطاق يتكون من « مارل » رملى (يحتوى على كربونات كلسيوم) ينتمى للعصر الكريتاسى يمتد على طول شاطئ البحيرة الشمالى مسافة تصل إلى حوالى عشرين كيلومتراً بعرض يتراوح بين ٥ - ٨ كم ، استطاعت الرياح أن تنحت وتكسح

من الأرض ما يبلغ سمكه بين ٨ - ١٠ م منذ العصر البطلمي ، وحولت أرض النطاق إلى أشكال التلال الصخرية الطولية والأخاديد « الهوائية » أما في جزيرة القرون التي تقع في قلب البحيرة والتي تخلو من الرمال فتكون أرضها من تربة بنية قديمة ، شاهد مثلها بسارجي Passarge (١٩٢٣) في صحراء حلوان ، وعاد بنشأتها إلى عصر البليوسين . وقد غطت حواف الجزيرة من الطين البحري نعلوها قشرة مباسكة تحميها من تأثير الرياح .

وقد لاحظ « ماول Mauli (١٩٣٢ و ١٩٥٨) من مشاهداته وأبحاثه في شمال الصحراء الكبرى الأفريقية اضمحلال تأثير الرياح في المناطق التي تحميها مثل تلك القشور الملحية أو الرابية الرقيقة . وفي منحدرات الشواهد Zeugen والجبال الجزيرية Inselberge التي تتربك من طبقات متعاقبة من صحور رملية وطفل جيرى (مارل) ورمال والتي تقع إلى الغرب من واحات توغورت (في الجزائر) نجد أن الطبقات الصلبة تبدو معلقة إذ قد أزيلت الرياح مما تحمله من رمال وغبار يتوافر في الاقليم ما تحميها من طبقات هشة (شكل ٢ ، ٣ ، ٤) مثل تلك الأشكال لا نجدها في منطقة قريبة (في هضبة المزاب Mzab) تتألف من صحور جيرية كريتاسية يعوزها وجود الرمال .

وتعمل القشور السطحية بأنواعها المختلفة ومنها القشور الجيرية على حماية الأرض وإضعاف تأثير الرياح فيها ، ولكنها لا تستطيع أن تمنع هذا التأثير تماماً . وهذا يتوقف أولاً وأخيراً على حولة الرياح من الرمال . ففي المناطق العامرة بالرمال تصبح عملية النحت قوة فعالة في تشكيل سطح الأرض رغم وجود القشور المباسكة . أما عملية الاكنتساح Deflation وحدها فلا تستطيع تكوين أشكال مورفولوجية إلا حيث تتوافر المواد الهشة العارية من كل حاية . ولا يشك في الأهمية الجيومورفولوجية لعملية الاكنتساح ، فهي المسئولة عن رفع كميات هائلة من الغبار في شكل عواصف

ترايبية وإن كانت عملية النحت Corrosion تساعدنا وتشد من أثرها في البداية .

٥ - الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة عن فعل الرياح كعامل تعرية (الكتساح ونحت) :

بما لا شك فيه أن الأشكال الجيومورفولوجية التي نراها في المناطق التي يسودها تأثير الرياح قد أصابها الكثير من فعل التعرية الهوائية أكثر مما في الجهات الأخرى التي لا نعلم أن نجد لها مثيلاً فيها . وهذه الأشكال لم تتحول وتشكل صوراً جديدة ، ولهذا لا يمكن اعتبارها أشكالاً مشابهة للتعرية الهوائية ، بل تذكر في معرض دراسة سمات البيئة المورفولوجية للصحارى ولهذا تبدو الأشكال المثالية الناجمة عن تعرية الرياح قليلة نوعاً . ونظراً لتداخل وتعاون عمليتي الاكتساح والنحت فإنه يصعب بل يستحيل أحياناً التفريق بين الأشكال التي تدين بنشأتها لفعل هذه أو تلك .

ومن بين الأشكال الهامة التي يتضح فيها تأثير التعرية الهوائية ما يطلق عليه باللغة الألمانية Windkanter أو Fazettengeschiebe وبالفرنسية Cailloux façonnés وبالإنجليزية Ventifacts^(١) (made by wind) أو Wind Cut Pepples وهي على الرغم من أنها أشكال مثالية الصخر إلا أن وجودها في مكان ما يدل على أن صقل الرمال كان أو ما يزال دائماً في العمل (شكل ٥)

وهي عبارة عن حصي أو قطع من الصخر تمزقت منه بتأثير القفز ، وتعرضت لانقراض هبات الرمال فترة طويلة ، فنشأ عن ذلك برى وصقل أحد جوانبها ، وتعرف حينئذ بذات الوجه أو الجانب الواحد Einkanter الذي تتعامد حافته مع اتجاه الرياح . وحين يتغير وضع قطعة الصخر

(١) أطلق الاسم على هذه الأشكال ليدل على أن الرياح هي التي صنعتها أو شكلتها ، وقد أوحى إلى هذه التسمية الأشكال الحجرية التي كان يصنعها الإنسان في العصور الحجرية القديمة Artifacts (أنظر ص ٤١٠ من كتاب Maul ١٩٥٨)

أوالحصوة لبب أو لآخر ، كأن تدور أو تنقلب بفعل قوة هبوب الرياح يتعرض جانب ثان ثم ثالث .. لهبوب الريح المحملة بالرمال ، فتتكون عدة أوجه تصقلها وتبريها الرياح ، فينشأ عن ذلك أن يتحول الحصى إلى أشكال مثثة أو رباعية أو خماسية أو متوازية الأوجه والحواف . وقد ينشأ مثل لتلك لأشكال حينما يتغير اتجاه الرياح بانتظام ، ويبقى الحصى ثابت . وفي أثناء عملية بناء تلك الأشكال تجاهد الريح المحملة بالرمال في برى قطع الصخر ونحتها لتصبح في مستوى البقعة المحيطة بها ، ولكن يعوقها في سبيل ذلك مقاومة الصخر نفسه . وينشأ عن تضارب تلك القوى وجه مصقول يشهد الحداره كلما ازدادت صلابة الصخر ، كما في الجرانيت والكوارتز والكوارتزيت (متحول عن كوارتز الصخر الرمل في مستويات التحول الثلاثة العليا والوسطى والسفلى) والجراوفاكين Grauwacken (١) أما في حالتي الصخر الجيري وصخر الدولوميت (يتركب من كربونات كلسيوم وكربونات مغنسيوم) فتتكون أشكال هرمية ومخروطية ذات أوجه مسطحة . أما الحواف أو الأضلع الحادة للأوجه فلا تظهر إلا عند تمام تكوين تلك الأوجه Cloos 1911 ، 1887 Walther ، 1911 Tolman و 1909 Bryan و 1935 ، 1922 Davis و 1930 Field و 1935 Lawson و 1915) .

وتوزع هذه الأشكال ليس منتظماً في كل الصحارى . فبينما يكثر وجودها في الصحراء النيلية وفي صحراء ناميب حيث قام بدراساتها كلوس Cloos : على الخصوص ، نجدها قليلة أو نادرة الوجود في صحراء أتكاما وفي صحراء الجزائر ، حيث يكثر وجود أشكال أخرى عبارة عن أحجار جيرية تتميز بخطوط غائرة وحزوز غير منتظمة وبحواف مستديرة ، كما تبرز فيها عقد جيرية تفصل بينها فجوات كانت تحتلها مواد لائحة تحتها

(١) صخر رمل قديم يرجع إرمابه إلى الزمن الأول وما قبله وهو رمادي اللون أو رمادي مخضر ، ويتركب من الكوارتز والفلسبار كما يحتوي على حطام صخور ومعادن أخرى كاللوارتزيت والفليت Phyllite (متحول عن الصخور الرملية والطينية في مستوى التحول العلوى) .

الرياح أو عروق كلسية تفصلها خلوط غائرة ، ويكثر أيضاً وجود الصخور التي صقلتها الرياح من جميع جوانبها فلا تكاد تظهر فيها الحواف المستديرة . وتنفث البثور أو الجذرات في أوجه الصخور في الغالب نتيجة لتأثير عمليات التحلل الكيماوى والتعرية الهوائية معاً .

وعدا هذا تتميز الأجزاء الشمالية من الصحراء الكبرى الأفريقية بتجعدات قد تبدو أحياناً في شكل مستويات من قطع صخرية صغيرة مصقولة برمتها الريح برياً دقيقاً ، وهى في الواقع تمثل مخلفات عماية « الاختيار » التي تقوم بها الرياح التي تحمل ما تطيقه وتترك عدا ذلك من حطام صخرى يلتصق بأرض الصحراء في شكل « زرد الدرع » Steinchen-panzer كما يسميه Mortensen (١٩٢٩ و ١٩٥٠) ، أما Penk (١٩٠٩) فيسمى هذه الظاهرة « عماية تاليس » Panzerung ، وهى عماية تمتاز بها الصحارى .

أما الحصى ذو الأوجه المصقولة Windkanter فتتميز بوجوده الجهات التي تتوفر فيها عملية الصقل والبرى بواسطة الرياح المحملة بالرمال . ولهذا يكثر وجوده أيضاً في غير الأراضي الصحراوية القاحلة ، إذ يوجد بكثرة في الرواسب البليوستوسينية في شمال ألمانيا ، ولا يعنى هذا أن تشكيله قد تم في عصر البليوستوسين فحسب ، وإنما قد تبين أن عملية الصقل والبرى لكثير من جوانبه ما تزال دائبة . ومثل هذا الحصى ما يوجد أيضاً في مناطق تراكم الرمال الهوائية في الجهات الداخلية كما في أخدود وادى نهر الرين إلى الجنوب من مدينة فرانكفورت .

وتستطيع الرياح المحملة بالرمال أن تنحت الصخور والحوائط الصخرية إلى ارتفاع محدود من سطح الأرض . ويشهد تأثير النحت في تلك الصخور والحوائط على ارتفاع قليل من سطح الأرض (أى من قاعدتها) ، نظراً لأن الريح تسهك تسمى من قوتها في الاحتكاك بالأرض ، فنشأ عن ذلك أشكال تشبه الأرائك أو « العروش » أو المظلات ، يطلق عليها جبال الشواهد الصحراوية Wuestenzugenberge والجبال الجزيرية Insei berge حيث

استطاعت الرياح أن تنحت الصخور من جذورها ، أو تنحت الطبقات
الليثة على مشروبات مختلفة ، كما تنشأ أيضاً بنفس الطريقة الأشكال الصخرية
التي تشبه في مظهرها عش الغراب . ويعتقد « لويس Louis » (١٩٦١)
أن العامل الرئيسي في تكوين تلك الأشكال ليس النحت في كثير من الأحوال
وإن لم ينكر أثره ، وإنما عملية اكتساح المواد الخشنة التي تكثرت عند أسافل
الصخور عقب سقوط المطر وازدياد الرطوبة نتيجة عمليات التحلل والاذابة

وبفعل النحت تنشأ الحفر والثقوب في الصحارى . ومثل تلك الحفر
توجد أيضاً في المناطق الرطبة . ولكنها هناك قليلة ليست بالكثرة التي نجدها
في الجهات الصحراوية ، ولهذا يمكن اعتبارها ظاهرة تختص بها الصحارى
وللحفر الصحراوية التي لم يشترك في تكوينها عامل آخر غير النحت ، وبواسطة
الرياح مظهر خاص ، إذ تبدو جوانبها مصقولة تماماً ، كما يخلو قاعها من
الرواسب أو يكاد . وتبدو بعض أشكال التعرية الهوائية كالأرائك والمظلات
والموائد وما شاكل ذلك نادرة لوجود في بعض الصحارى كما في إيران
وصحراء الجزائر وشمال صحراء شيبلي . ولهذا ينبغي التحفظ عند اتعميم
في وصف أشكال التعرية الهوائية في الصحارى . وتستطيع الرياح أن تنحت
في الصخور الليثة كصخور المزل والصخور الطينية والرملية وتتوفا الجيرية
مكونة خطوطاً غائرة وفتحات تعرف بالفتحات أو الأخاديد الهوائية .
وبين تلك الأخاديد تمتد أحياناً حافات حادة مصقولة . وكثيراً ما تنفشر تلك
الأخدود الهوائية في أرض منبسطة متناسقة كما هي الحال في صحراء جوبي
التي تتكون أرضها من طبقات صخرية هشة . ويعتمد Kaiser
(١٩٢٦) أن الأخاديد والفتحات الغائرة التي يصل عمقها إلى ١٥ متراً والتي
شاهدها في صحراء ناميب قد نشأت بفعل النحت الهوائي وعند أطراف الأراضي
الفيضية الواسعة في الأحواض الصحراوية المغلقة تنتشر مساحات واسعة
من الطفل والطين الملحي يطلق عليها البلايات Playas في أمريكا
اللاتينية ، والسبخات في الصحراء الكبرى والكيواير Kewire في إيران

وحيث تجف تلك الرواسب وتتصلب في الجهات التي تسودها رياح منتظمة الاتجاه ، يتحول سطحها بفعل الرياح إلى قنوات غائرة طويلة متوازية تقريباً ، ذات جوانب شديدة الانحدار ، يبلغ عمقها أكثر من المتر ، وعرضها حوالي متر أو أكثر . وفيما بين القنوات تبرز الأرض في شكل عروق أو ضلوع . وتبدو الأرض في مظهر مضرس فيصعب اجتيازها . ويطلق على هذه التضاريس في إقليم بحيرة لوب نور Lob-nor (شرق حوض تارم) بتضاريس اليردانج Yardang . ويظهر أن ضلوع اليردانج يرتبط وجودها وثباتها بوجود شجيرات نامية أو يابسة تعمل جلودها على تماسك رواسب الطين والطين وبالتالي على تقوية مقاومة تلك الرواسب للنحت الهوائي (لويس Louis 1961)

وتستطيع الرياح أيضاً أن تكون منخفضات هوائية Blowouts Wider osionswannen تتعاون في حفرها عملينا الاكتساح والنحت . ويعزو Walter (1891 و 1901 و 1924) تكوين منخفضات الواحات اليبية إلى عملية الاكتساح وحدها ، ومثله « كايزر Kaiser » (1923 و 1926 و 1927) في تفسير تكوين منخفضات صحراء ناميب ، كما يعزى تكوين منخفضات البانج كيانج P'ang Kiang في منغوليا والتي يصل عمقها إلى 140 متراً إلى عملية الاكتساح وحدها أيضاً (Maul 1958) . أما سارجي Passargo (1909 و 1924 و 1926 و 1923) فيرجع تكوين تلك المنخفضات وأمثالها إلى عملية النحت Corrosion وحدها .

ومن الممكن أن تنشأ « منخفضات الاكتساح » في منطقة تكون من واد هشة عازية تماماً من كل حماية . ومثلها التجاويف التي تنشأ في مناطق الكتيان الرملية (أنظر Maul 1958 ص 420 وما بعدها والصورة رقم 67) . أما حيث يغطي الرواسب الهشة غشاء صلب فإن عملية تكوين المنخفضات محتاج في مرحلتها الأولى إلى عملية نخل Aufhebung (أي اكتساح Deflation) - - ثم مثلاً في منطقة رملية مجاورة - - تمكن لعملية

النحت من الانقضااض على « النشاء الواقى » وتمزيقه ، فينتج بذلك المجال لعملية الاكنداح من التيام بالعمل الرئيسى فى تجويف المنخفض وتعيينه وتعاقب العمليات حينئذ على النحو الآتى :

عملية اكنداح يليها النحت ثم عملية اكنداح التعميق . أما التجاويرف التى تنشأ بفعل الرياح فى الصخور الصلبة ، فلا يقوى على حفرها سوى عملية النحت ، وأن كان يسبقها عملية اكنداح تمهيدية قد لا تشمد حولها بالضرورة من نفس المكان . هذه التجاويرف تسمى حينئذ بتجاويرف النحت . وقد استطاع Kaiser (1926) أن يميز فى منطقة أمخاته فى صحراء ناميب منخفضات ضخمة عزى نشأتها إلى فعل عملية الاكنداح الهوائى وحدها . ويرى Maul (1958) فى أصل نشأتها رأياً آخر ، إذ يعتقد أنها لا يمكن أن تنشأ إلا بواسطة عملية النحت . أما لويس Louis (1961) فيرجع تكوينها إلى عمليى الاكنداح والنحت معاً . وقد قام Kaiser بدراسة صحراء ناميب ومنخفضاتها دراسة جيولوجية وطبوغرافية دقيقة ، وسجل نتائج أبحاثه على خرائط خاصة ملونة بقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ . وقد استطاع أن يميز طبقات من الصخور الرملية وصخور الأركوز Arkose (١) التى ترجع إلى العصر الكامبرى ، وصخور الدولوميت ، وهى جميعاً ترتكز على أساس من الصخور البلورية التى تتركب منها كتلة جنوب غرب أفريقيا . وقد وجد أن تلك الطبقات قد أصابها التواء بسيط ينفق خط ظهور طبقاته مع الاتجاه العام للرياح السائدة من الجنوب إلى الشمال . ولما كانت صخور تلك الطبقات تتميز بسهولة تحللها وتفككها ، لهذا استطاعت الرياح أن تكتسح وتنتح تلك التكوينات مكونة لمنخفضات طويلة مغلقة ، يتراوح طولها بين ٥ و ١٠ كيلومتراً ، وعرضها بين ٢٥٠ و ١٠٠٠ متر ، كما يصل عمقها إلى نحو ٥٠ متراً .

(١) Arkose كلمة فرنسية تطلق على الحجر الرمل الذى يحتوى على نسبة كبيرة من

معدن الغلبار .

وتتمدد تلك المنخفضات ، وكذلك الأشربة البارزة التي تفصل بينها في اتجاه الرياح السائدة من الجنوب إلى الشمال تقريباً ، ولهذا يبدو ، يظهر المطح العام منتظماً متناسقاً ، ولكنها أحياناً تتفرع وتتشعب ، وتتصل ببعضها مكونة شبكة من المنخفضات .

وفي بعض الأماكن ، على مستويات مختلفة من منحدرات تلك المنخفضات وعند حواف قواعدها خاصة حيث تلتقي تلك الحواف بمحصات الميلات الجافة والتفتوات المعلقة ، توجد بقايا مجمعات Fanglomerate (١) ووجود هذه المجمعات بنظامها المعين يدل على أن تلك المنخفضات لم تنشأ عن حدوث حركة التوائية ، وإنما بواسطة نوع معين من التعرية يستطبع رفع تلك الرواسب صعداً وإخلاء المنخفضات منها ، ونعني بهذا النوع التعرية الهوائية .

وتبدو أهمية الأبحاث الخاصة بتلك المنخفضات في أنها تثبت بالدليل الواضح عظم الدور الذي تقوم به التعرية الهوائية في الجهات الجافة .

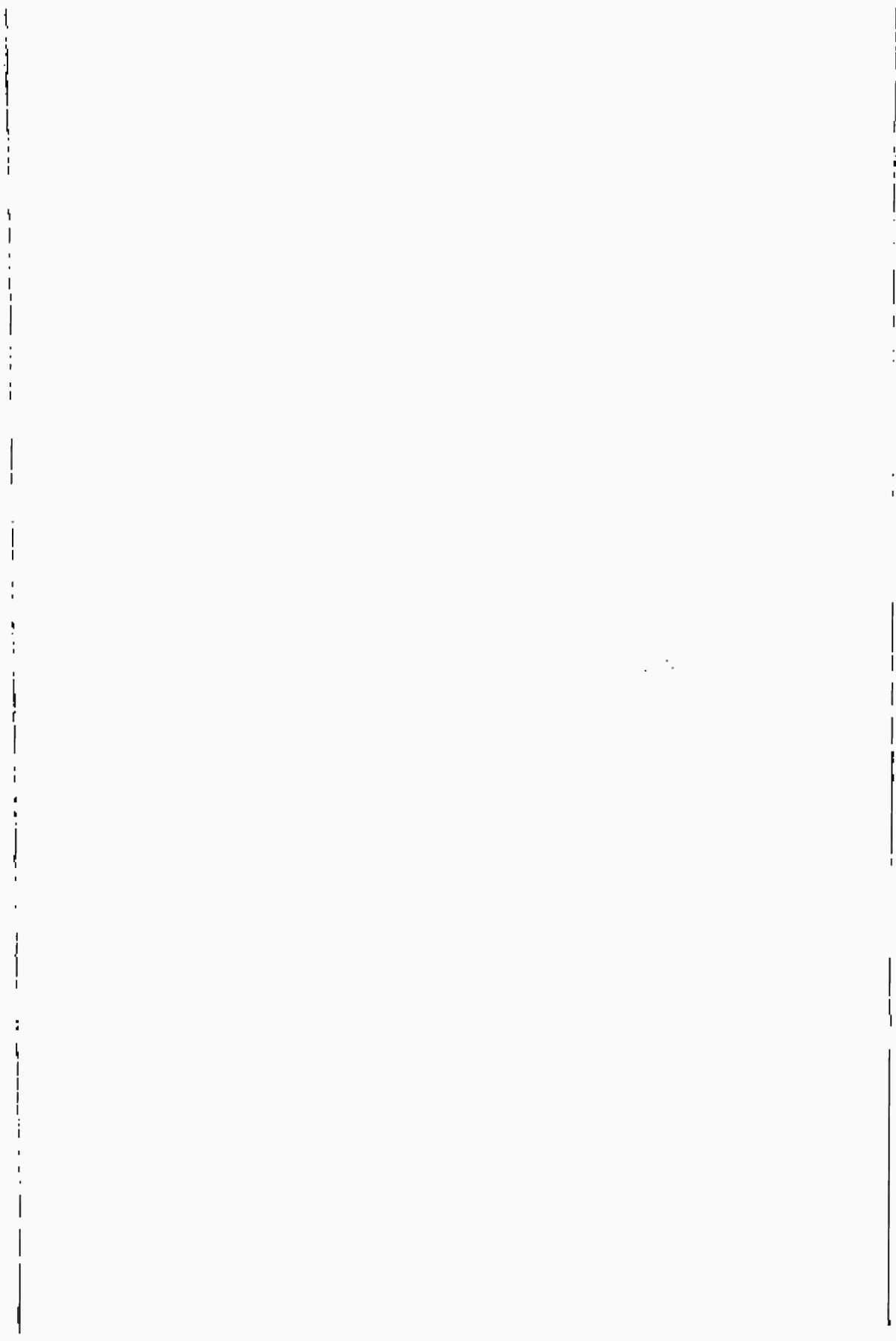
وتتميز التعرية الهوائية في عملها بعملية «اختيار» خاصة ، فعملية الاكتساح تنقل المواد الدقيقة بطريقة أو بأخرى ، وترتك المواد الخشنة في شكل غطاء يتكون من صخور وحصى يتناثر هنا وهناك ، هذا الغطاء يطلق عليه والتر Walther غطاء الاختيار Austesedecke ، ويسميه بسارجي Passarge الرصيف الحصوي Steinpflaster ، أما Kaiser فيطلق على الغطاء ومخلفات عملية الاكتساح Deflationsrueckstand ؛ فالأرض حينئذ قد عانت «تلبيس» Panzerung . بفعل التعرية الهوائية كما يقول بنك Penck (١٩٠٩) .

(١) Fanglomerate : (نوع من البريشيا breccie الطينية) عبارة عن رواسب تتميز بها الجهات الجافة ، وتنشأ من اكتساح كتونيات بواسطة مياه الأمطار الفعالة ، وإرسابها في شكل مروحة (ومن هنا جاءت التسمية من الإنجليزية Fan) في سهل تصبغ لوف أحواض مختلفة ، وفي هذه الرواسب يختلط الحصى اللدبي الكثير تزوايا بالمواد «دقيقة» في غير تناسق أو انتظام أو تجانس .

مثل هذا الغطاء الحصوي الناتج عن عملية اختيار الشعيرة الهوائية وصفه Nordenskjöld (١٩١٤) في جنوب غربى جزيرة جرينلندا ، وأطلق عليه اسم «الدرع الصخرى Steinpanzer» وغطى هناك الكتلة الصخرية التدمية التى تتكون منها الجزيرة . وهذا الغطاء كما قلنا يتركب من صفوف وحصى مختلف الأحجام أثرت فيه الشعيرة الهوائية فصقلته وبرته . ويظهر الحصى والصخور مبعثرة هنا وهناك ، ولكنها تتجاور وتتلاصق أحياناً مكونة غطاء يختلف فى سمكه الذى قد يبلغ ١٠ سنتيمترات ، وهو حينئذ يقى الأرض من فعل الشعيرة الهوائية . وعملية التليس هذه لا يقتصر ظهورها على الصحارى والسواحل (جرينلندا) فقط ، وإنما نجدها أيضاً فى أعلى المرتفعات التى تخلو من النبات فتتعرض لفعل الشعيرة الهوائية .

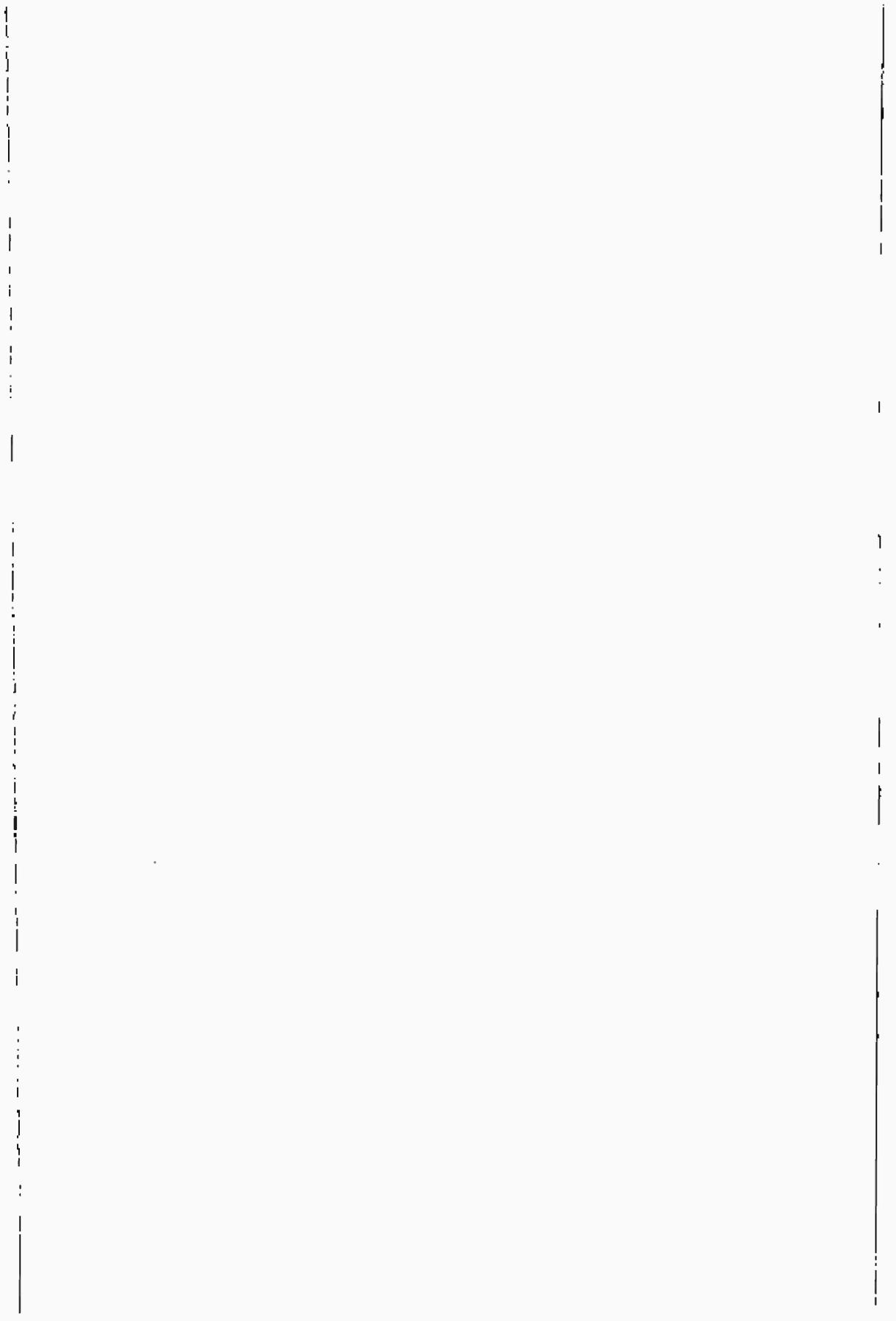


شکل (۱)



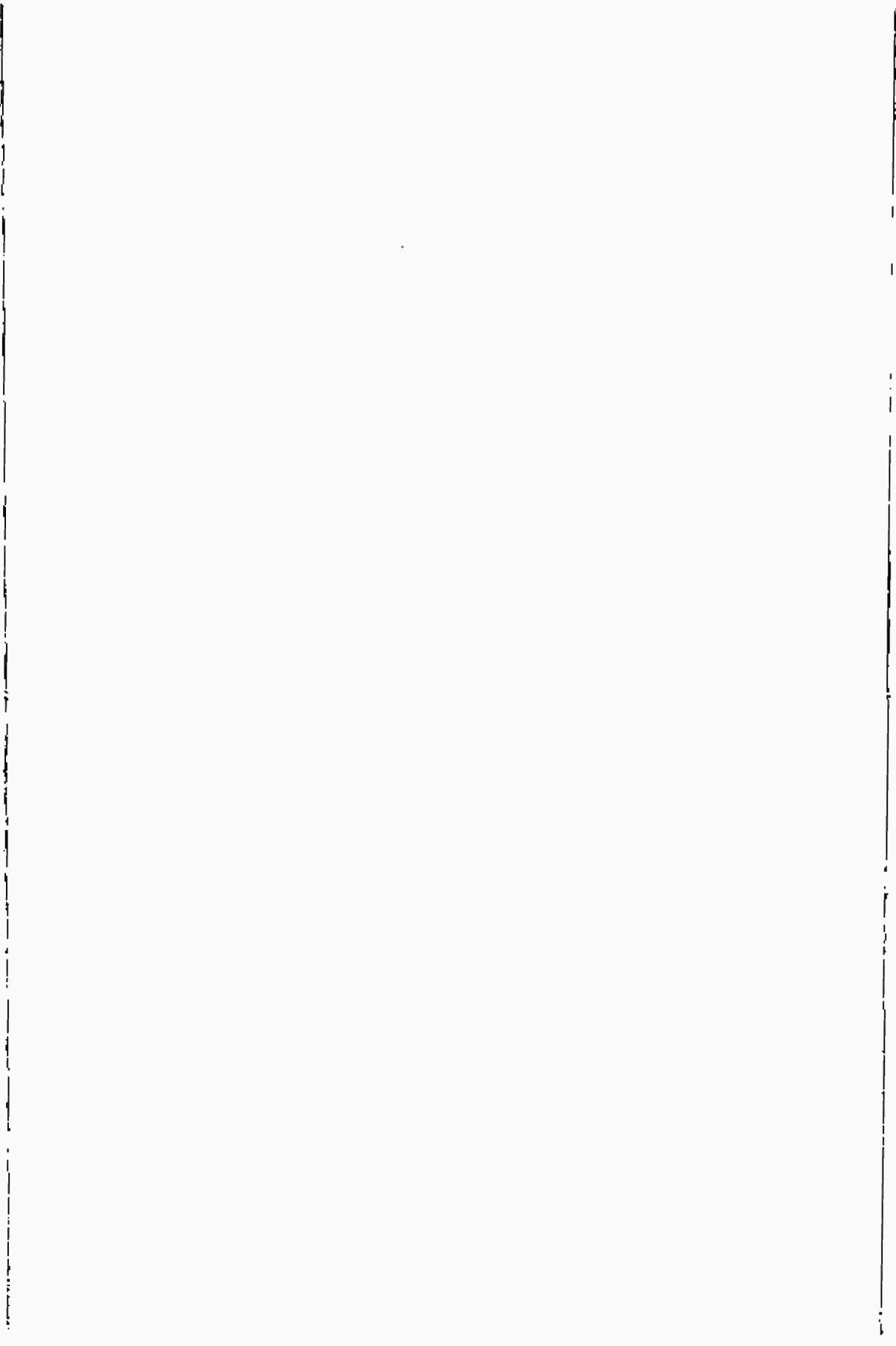


شکل (۱)



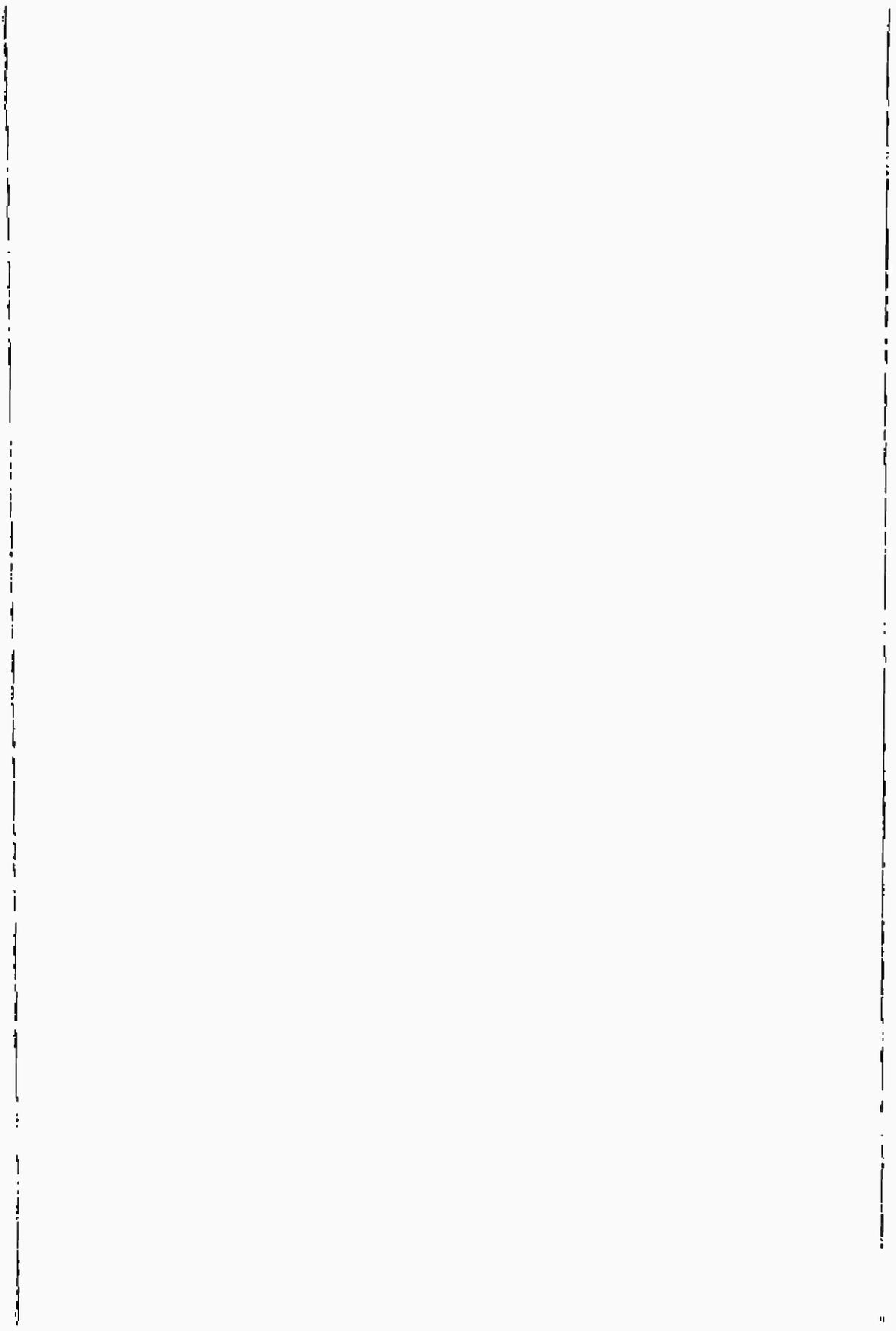
(*) 153





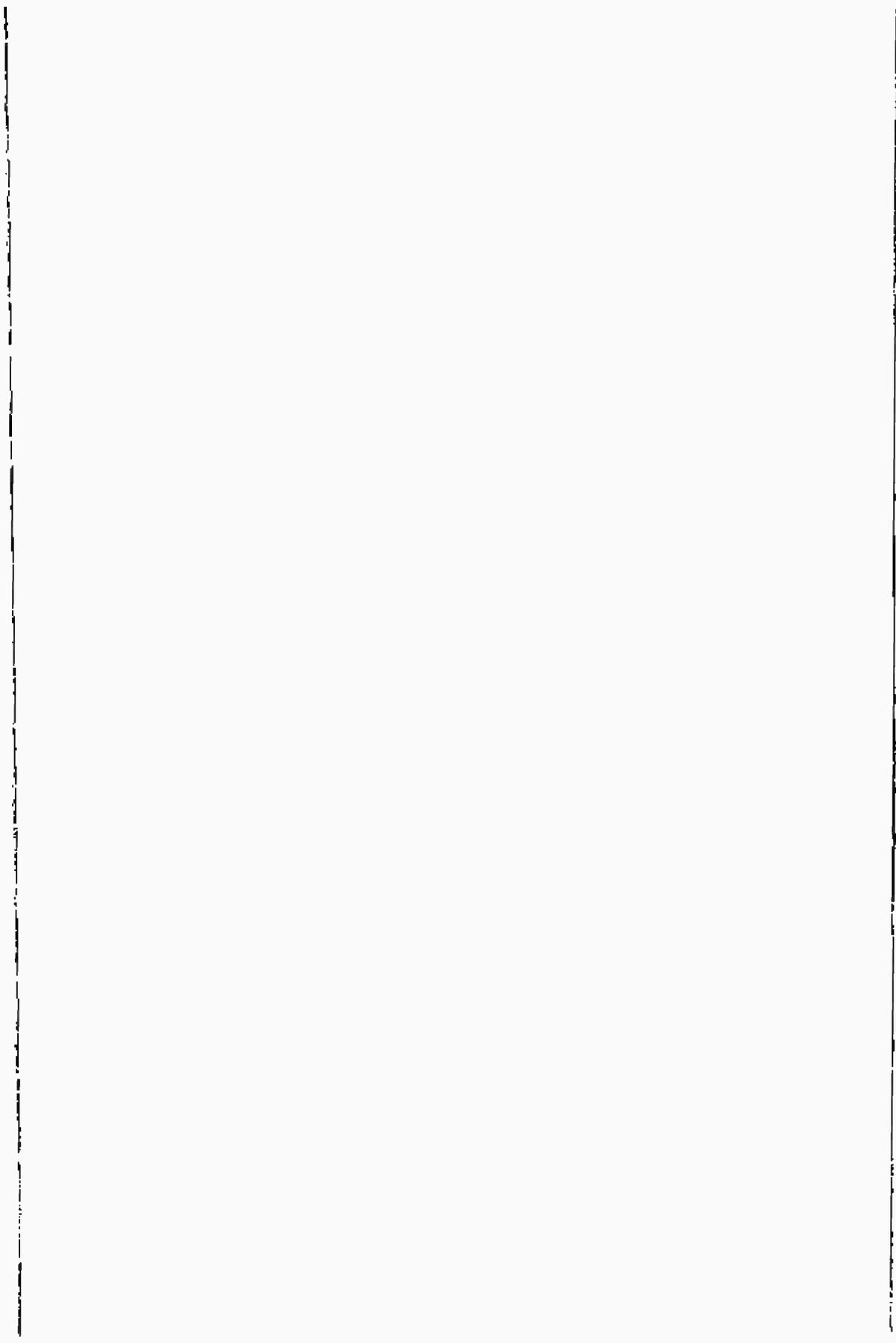
(1)

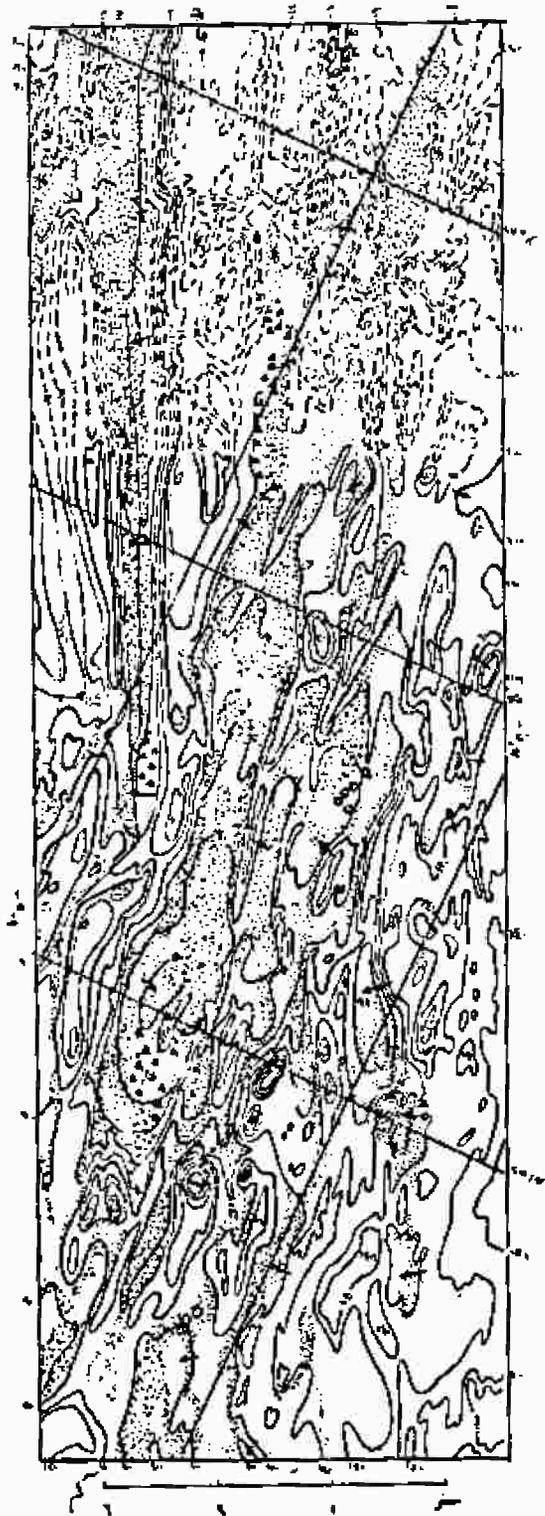


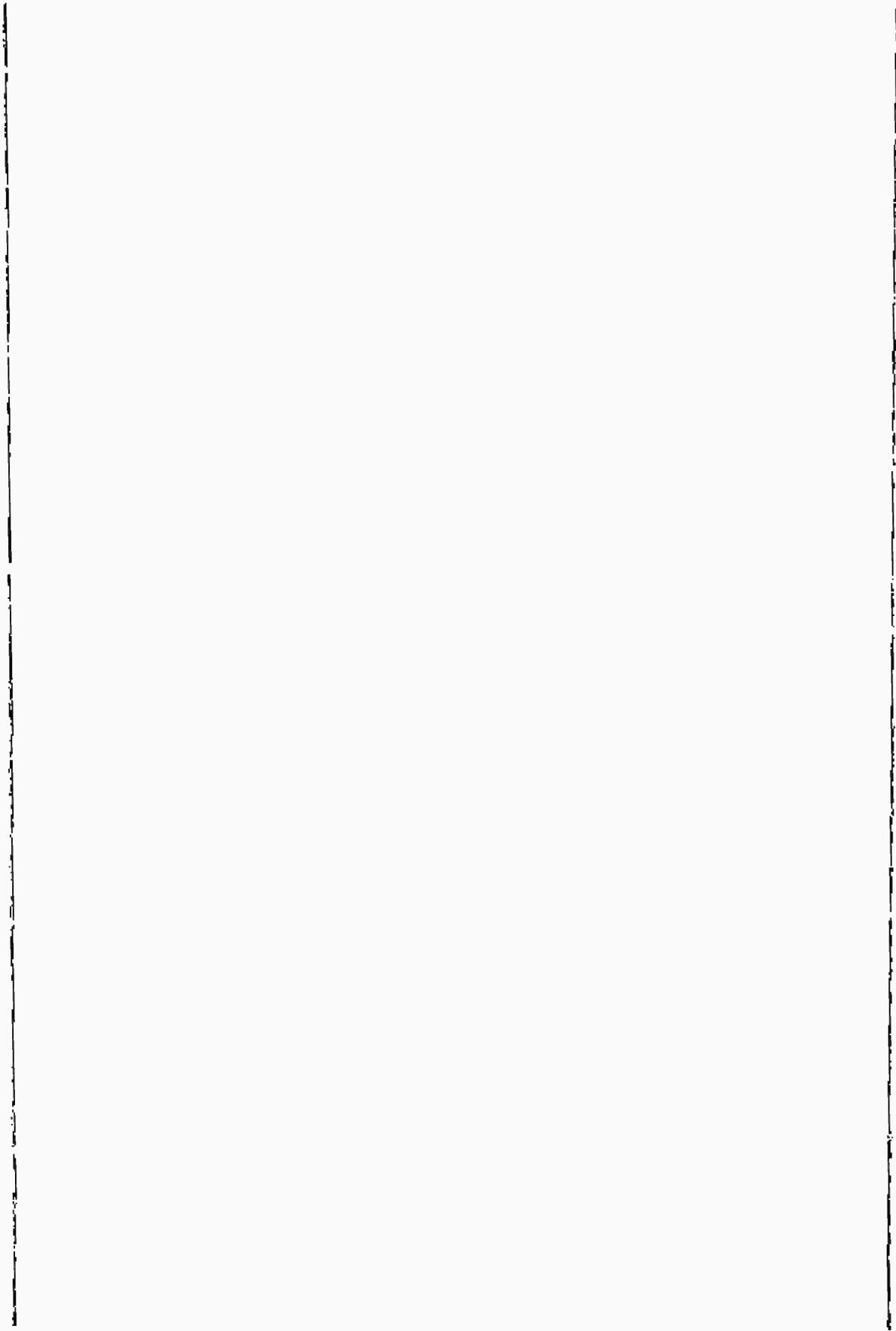




شکل (۵)







المراجع

- Baddley, P. F., 1889. Dust whirls and fairy daney's. *Month. Weath. Rev.* 27
- Bagoold, R. A., 1941. The physics of blown sand and desert dunes London.
- Ball, J., 1927. Problems of the Libyan desert. *geogr. Journ.*
- Blake, R., 1855. On the grooving and polishing of hard rocks and minerals by dry sand. *Ann. Assoc. Proceed.*
- Blunck, E., 1931. Wuestenkrusten oder Wuestensanbhaut ? *Pet. Mitt.*
- Blankwelder, E. 1931. Desert plains. *Jour of geol.* 39.
- Brandt, B., 1932. Die Staubhant in der Aegyptischen Wueste. *Mitt. Dresden.*
- Bravard, A., 1857. Observaciones geologicas sobre diferentes terrenos des transporte en la hoya de la Plata. Buenos Aires.
- Bryan, K., 1922. Erosion and sedimentation in the papago country, Arizona. *U.S. geol. surv Bull.* 730.
- Bryan, K., 1933/35. Progress in the geomorphology of arid regions. *Zeitch. geomorph.* 8
- Capot-Rey, R., 1943. La morphologie de l'Evg occidental. *Travesux de l'Inst. de Recher. Sahariennes (Univ. d'Alger).*
- Capot-Rey, R., 1945. Dry and humid morphology in the western Erg. *geog. Rev.*
- Capot-Rey, R., 1953. *Le Sahara Français.* Paris, Presse Univ. France.
- Cloos, H., 1911. Geologische Beobachtungen in suedarica. I. wind und wueste in deutschen Namaland. *Neues Jahrbuch f. Min. geol. Palaeon., Beil. Bd.* 32.
- Davis, W. M., 1930. Rock Floors in arid and humid climates. *Jour. of geol.* 38.
- Desor, E., 1864. Le Sahara, ses différents types de déserts et d'Oasis. *Bull. Soc. Sciences nat. Neufchâtel.*
- D'Anquet, V., 1858. Observation sur un terrain d'origine météorique ou de transport aérien qui existe en Mexique. *Bull. Soc. géol.* 15.
- De Beumont, E., 1845. *Leçons de géologie pratique,* Paris.
- Franz, O., 1867. Aus dem Orient; geologische Beobachtungen am Nil, auf der Sinaihalbinsel und in syrien. *Stuttgart.*
- Free, E. E., 1911. The movement of the soil material by the wind. *washington.*

- Field, R., 1935. Stream caved slopes and plains in desert mountains. Amer. J. of Sc. 29.
- Gantler, E. F., 1928. Le Sahara. Paris.
- Geiger, R., 1942. Das Klima der bodennahen Luftschicht, 2. Aufl. Braunschweig.
- Guppy, H. D., 1881. Dust-winds of Hankow. Nature 24.
- Hellmann, G. & Meinardus, W., 1901. Der grosse staubfall vom 9. bis 12. Maerz 1901. in Nordafrika, Sued- und Mitteleuropa. Abb. Preuss. Meteorol. Jnvr. II Nr. 1, Berlin.
- Harrington, M., W., 1886. Peking dust-storms. Am. Met. T. 3.
- Herrmann, E., 1903. Die Staubaefalle vom 19. bis 23. Februar 1903 ueber dem atlantischen Ozean, Grossbritannien und Mitteleuropa. Ann. Hydr.
- Johnson, D., 1932. Rock fans of arid regions. Amer. Jour. of Sc. 5. Ser. 23.
- Johnson, D., 1933. Rock plains of arid regions. geog. Rev.
- Kaiser, E., 1923. Was ist eine Wueste? Mitt. geogr. Muenchen.
- Kaiser, E., 1926. Hoehenschicht enkarte der Deflationlandschaft in der Namib suedwestafrikas. Abh. Bayer. Akad. Wiss. Math. phys. Kl. 30, Mitt. geogr. Ges. Muenchen.
- Kaiser, E., 1927. Ueber Wuestenformen, insbesondere in der Namib Suedwestafrikas. Duesseldorfer geogr. Vortr. Breslau.
- Keyes, ch. R., 1909. Baselevel of eolian erosion. Journ. of geol. 17.
- Keyes, ch. R., 1910. Deflation and relative efficiencies of erosional processes under Conditions of aridity. Bull. geol. Soc. Am.
- Lawson, A. C., 1915. The epigene Profile of the desert. Univ. of Calif. Publ. Dep of geol. 9.
- Louis, H., 1961. Allgemeine geomorphologie 2. Aufl. Berlin.
- Machatschek, F. 1927. Die Oberflaechenformen der Binnen- und Hochwuesten. Duesseldorfer geogr. Vortr. u. Abh., Breslau.
- Maul, O., 1932. Geomorphologische studien aus dem oestlichen Atlaslaendern und der algerischen Sahara. Pet. Mitt.
- Maul, O., 1958. Handbuch der geomorphologie 2. Aufl. Wien.
- Mortensen, H., 1927. Der Formenschatz der nordchilenischen Wueste. Abh. Akad. Wiss. Math. Phys. Kl. N.F. 12., It Goettingen.
- Mortensen, H., 1929. Ueber vorzeitformen in der chilenischen Wueste. Mitt. geogr. Ges. Hamburg.
- Mortensen, H. 1950. Das gesetz der Wuestenbildung. Universitas 5, H. 7. Stuttgart.

- Noble, A., 1904. Dust in the atmosphere during 1902 — 1903 Ebds 32.
- Nordenskjöld, O., 1914. Einige Züge der physischen geographie und der Entwicklungsgeschichte Suedgroenland. Geogr. Zeitschr.
- Passarge, S., 1909. Verwitterung und Abtragung in der Steppen und Wuesten Algeriens. Geogr. Zeitschr.
- Passarge, S., 1924. Die geologische Wirkung des Windes (in Salomon, Grundzüge der Geologie) stuttgart.
- Passarge, S. 1926. Die Wirkung des windes (in Blanks Handbuch der Bodenlehre I).
- Passarge, S. 1927. Die Ausgestaltung der Trockenwuesten in kalten Gürtel. Dusseldorfer geog. Vortr. Breslau.
- Passarge, S. 1933. Morphologische Untersuchungen in der Wueste um Heluan. Abh. d. Ges. d. Wiss. Math. Phys. Kl. 3. H. 9, Berlin.
- Penk, A., 1909. Morphologie der Wuesten. Geogr. Zeitschr.
- Richtshofen, F., v., 1877. China. Bd. I Berlin
- Rodewald, M., 1930. Der grosse Staubfall vom 26. bis 29 April 1928 zwischen Weicksel und Asowschem Meer. Ann. Hydr.
- Russel, H., Ch., 1880. Dust storms in New South Wales. Quart. J. Roy. meteor. Soc. 6.
- Russel, J. C. 1889. Subaerial deposits of the arid regions of North Amerika. Geol. Mag. 6.
- Schweinfurth, G. (1895/96) Die Umgebung von Heluan als Beispiel der Wuestendenudation.
- Thoulet, J., 1911. Analyse d'une poussiere sol éolienne et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique. Ann. d. l'Anst. Océan. Paris III. Fasc. 2.
- Talman, C. F. V. 1909. Erosion and deposition in southern Arizona Bolson region. Yearb. of Geology.
- Walther, J., 1887. Die Entstehung von Kantengeröellen in der Galmorwueste. Sitzungsberichte, Saechs. Ges. wiss. Math. Phys. Klim. Leipzig.
- Walther, J., 1891. Die Denudation in der Wueste und ihre geologische Bedeutung. Abh. Saechs. Ges. Wiss. Math. Klim. 16. Leipzig.
- Walther, J., 1901. Ueber die geologische Tätigkeit des Windes. Naturwiss. 16
- Walther, J. 1911. Windkanter aus der libyschen Wueste. Zeitsh. Deutsch. geol. Ges. Berlin.

- Wahber, J. 1924. Das Gesetz der Wuestenbildung in Gegenwart und Vorzeit. 4. Aufl. Leipzig
- Wetzel, W., 1928 : Geogische und geographische Probleme des noerdlichen Chile. Zeitschr. Ges. Erdkunde. Berlin
- Wittschell, L. 1931. Ueber Sand-und Staebstuerme und ihre Bedeutung fuer die Morphologie der Erdoeberflaeche, Zeitsch. f. geomorph. 6.
- Zistler, P., 1926. Die Tempertureverhaetnise der Tuerkei, Der Sirocco (in L. Weickmann, Das Klima der Tuerkei). Leipzig.