

Х. АНДРА, Ю. ХЕЙНСАЛУ

## ДРЕВНЯЯ ДОЛИНА И КАРСТ ПО ЗОНЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРОСТИРАНИЯ В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОРКУНИ (СЕВЕРНАЯ ЭСТОНИЯ)

Коренными породами североэстонского плато, покрытого маломощными четвертичными отложениями, являются карбонатные породы ордовика и силура. В последних наблюдается густая сеть тектонических трещин, имеющих северо-западное, северо-восточное, широтное и меридиональное простирание [3]. Среди этих трещин преобладающими являются трещины северо-западного простирания. Многие реки, протекающие по названному плато и впадающие в Финский залив, имеют северо-западное или близкое к меридиональному направление. Эти реки текут по частично погребенным долинам и ложбинам. Древние долины местами хорошо выражены в современном рельефе, но иногда они полностью погребены под четвертичными отложениями и незаметны.

Указанное направление рек совпадает с простиранием большинства тектонических трещин, на что давно обратили внимание некоторые исследователи [1-3].

Одной из наиболее крупных древних долин северо-западного направления, хорошо выраженной в современном рельефе, является долина Поркуни [4], расположенная на северо-западном склоне возвышенности Пандивере — самой высокой восточной части североэстонского водораздела с относительной высотой 40—50 м. По этой долине течет река Вальгейгы, берущая свое начало в озере Поркуни, расположенном в юго-восточном конце долины северо-западного простирания. В юго-восточном направлении долина прослеживается далее только в виде ложбины. Озеро питается в основном подводными карстовыми источниками. К юго-востоку от него в современном рельефе наблюдается только пологая ложбина, прослеживающаяся до деревни Коону на протяжении 1,5 км.

В современном рельефе возвышенности Пандивере долина Поркуни выражена резко. Она имеет вид прямолинейной U-образной долины шириной до 400 и глубиной до 15 м. Длина долины составляет около 16 км. Склоны ее весьма крутые.

За пределами возвышенности Пандивере река Вальгейгы течет по североэстонскому плато в северо-западном направлении еще около 18 км. Местами она протекает здесь по заболоченным низинам, и долина ее выражена слабо. Только около глинта долина имеет каньонообразную форму. Ниже глинта река Вальгейгы течет в северном направлении.

В ходе изучения распространения карста на возвышенности Пандивере выяснилось, что на юго-восточном продолжении древней долины Поркуни имеется ряд карстовых полей, а также отдельных карстовых воронок (рис. 1), описание которых следует ниже. На карстовом поле Везиору площадью 3 га расположены четыре ваннообразные коррози-

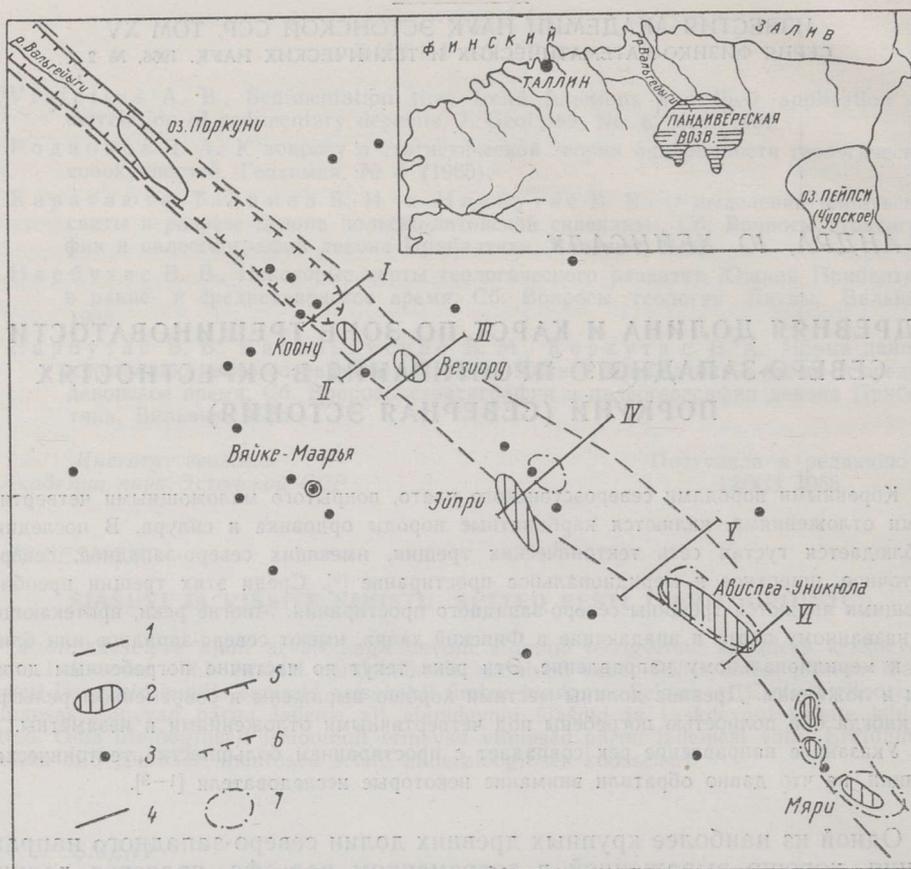


Рис. 1. Схематическая карта рек Северной Эстонии (врезка) и расположение зоны трещиноватости на продолжении реки Вальгейги: 1 — граница зоны трещиноватости, выявленная электропрофилрованием; 2 — карстовые поля; 3 — отдельные карстовые воронки; 4 — трассы электропрофилей; 5 — древняя долина Паркуну; 6 — ложбина в современном рельефе; 7 — погребенные карстово-денудационные впадины. Римскими цифрами обозначены места расположения электропрофилей.

онно-суффозионные воронки с азимутом длинной оси  $290\text{--}315^\circ$ . Три из них располагаются цепочкой. Длина этих воронок достигает 80, ширина — 25 и глубина — 2—3 м. Кроме того, на карстовом участке имеется еще шесть заиленных карстовых воронок диаметром до 10 и глубиной 1 м. На карстовом поле Эйпри площадью 3 га, расположенном в центральной части долины, находится около 15 коррозионно-суффозионных воронок. Карстовые формы здесь обычно конусообразные и имеют в плане круглую или неправильную вытянутую форму. Имеются и цепочки из 3—5 воронок длиной до 50 м, которые вытянуты в северо-западном или меридиональном направлении. Диаметр воронок достигает 15 и глубина — 4 м. Продовговатые воронки имеют обычно азимут  $310\text{--}345^\circ$ . Карстовое поле в деревне Ависпеа-Уникюла имеет ширину 700 и длину около 1700 м. Более крупными карстовыми формами являются здесь семь коррозионно-суффозионных долин длиной до 200, шириной до 60 и глубиной до 3 м. Карстовые долины вытянуты в северо-западном направлении (азимут  $300\text{--}320^\circ$ ) и располагаются местами двумя-тремя параллельными цепочками. Кроме того, на этом поле встречаются еще

многочисленные карстовые воронки диаметром 10—40 и глубиной 1—2 м. Те из них, которые имеют овальную форму, также вытянуты в северо-западном направлении.

Отдельные карстовые воронки на юго-восточном продолжении долины Поркуни встречаются в виде курису (местное название поглощающих карстовых воронок), а также в виде мелких провальных воронок. По форме и величине карстовые воронки здесь не отличаются от воронок, находящихся в других районах Пандивереской возвышенности, но имеют обычно вытянутую в северо-западном направлении форму (азимут 300—330°). Длина воронок достигает 40, ширина — 10—20 и глубина — 3,5 м. Они врезаются в коренные породы не более чем на 0,5 м. Поноры на дне курису обычно покрыты маломощным слоем промытой морены. Вода, стекающая весной в воронки, фильтруется через эти отложения или поглощается прямо через мелкие ходы, развитые в отложениях. Курису могут поглощать до 5—20 л воды в секунду, а иногда и больше.

Провальные воронки встречаются, как правило, в незначительных ложбинах рельефа с мощностью четвертичных отложений не более 3—4 м. Их размеры в поперечнике не превышают 2—4 и глубина — также 2—4 м (обычно их ширина 2 и глубина 1,5 м). Образуются они в течение нескольких лет, в разных местах, в четвертичных отложениях после весеннего снеготаяния, когда ложбины заполняются водой. Вода, проникая через четвертичный покров в древние карстовые поноры и трещины, вызывает интенсивное развитие карстово-суффозионных процессов. Провальные воронки, образующиеся на полях, заполняются обычно валунами и землей.

Распространение и характер современного карста в юго-восточном продолжении долины Поркуни свидетельствуют о хорошо развитой трещиноватости коренных пород. Это навело нас на мысль о существовании зоны трещиноватости северо-западного простирания по древней долине Поркуни и юго-восточнее ее. Для исследования вопроса над предполагаемой зоной трещиноватости было проведено вертикальное электрическое зондирование и электропрофилирование. Результаты зондирования показали, что геоэлектрический разрез в пределах зоны существенно отличается от нормального разреза, полученного за ее пределами (рис. 2). Верхняя часть нормального геоэлектрического разреза на выходе тамсалуского горизонта (рис. 2, 2), на котором находится исследованная зона, соответствует переходу от четвертичных отложений к известнякам тамсалуского горизонта. Нижняя часть этой кривой характери-

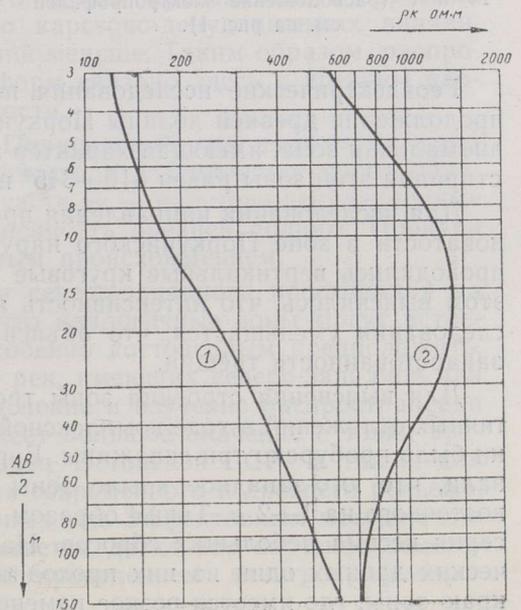


Рис. 2. Кривые вертикального зондирования (ВЭЗ) около дер. Коону: 1 — кривая, характеризующая зону трещиноватости; 2 — кривая, характеризующая ненарушенные коренные породы.

зует мергелистый юрусский горизонт, залегающий под тамсалуским горизонтом. Максимум  $Q_k$  в средней части разреза обусловлен высоким сопротивлением пород тамсалуского горизонта. У кривых зондирования, полученных в пределах исследованной зоны (рис. 2, 1), отсутствует максимум в средней части кривой (при разносах  $\frac{AB}{2} = 15 \div 20$  м), при этом разница в сопротивлениях достигает более 1000 ом·м.

Большие разности в сопротивлениях и значительная ширина исследованной зоны позволили применить при проведении электропрофилеирования самую простую и экономичную однократную симметричную установку при схеме  $AMNB$  с  $AB = 40$  м,  $MN = 10$  м с шагом 10—100 м. Эффективный разнос  $AB$  был определен путем сравнения кривых электрического зондирования, снятых на нормальных и нарушенных участках пород. Электропрофилеирование проводилось на шести профилях с

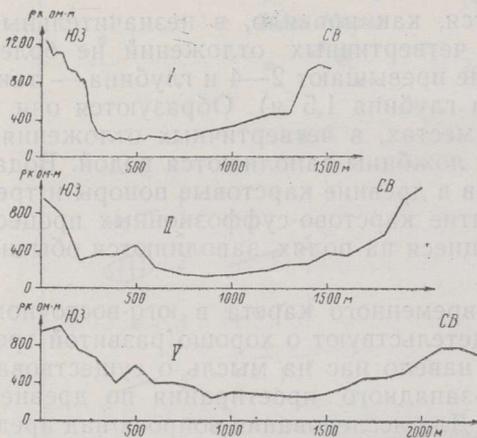


Рис. 3. Кривые электропрофилеирования I, IV и V (расположение электропрофилей см. на рис. 1).

расстоянием между профилями до 1,5 км вкостр простирания зоны (азимуты 45—50°). Полученные кривые характеризуются большим изменением удельного кажущегося сопротивления, значение которого в центральной части аномальной зоны достигает 200—300 ом·м, а за его пределами 1200—1650 ом·м (рис. 3). Характерной чертой исследованной аномалии являются большие изменения кажущегося удельного сопротивления в его краевых частях. Особенно резкое изменение сопротивления имеет место на некоторых профилях в юго-западной стороне зоны, достигающее 1450 ом·м на 100-метровом участке на профиле II.

Геоэлектрические исследования показывают, что на юго-восточном продолжении древней долины Поркуни существует хорошо выраженная аномальная зона, имеющая характер зоны трещиноватости. Азимут простирания этой зоны равен 310—345° и ширина — от 0,6 до 1,8 км.

Для исследования направления простирания и интенсивности трещиноватости в зоне Поркуниского нарушения в зависимости от глубины проводились вертикальные круговые электрические зондирования. При этом выяснилось, что интенсивность анизотропии с ростом глубины исследования уменьшается, что объясняется, по-видимому, уменьшением закарстованности трещин.

Для выяснения строения зоны трещиноватости и мощности четвертичных отложений в ходе комплексной геолого-гидрогеологической съемки было пробурено три скважины. Буровые скважины (рис. 4, III) показали, что юго-западное крыло зоны приподнято в отношении северо-восточного на 1—2 м. Таким образом, по зоне предполагается сброс или серия весьма небольших сбросов. На основе геологических и геофизических данных один из них проходит, по-видимому, по юго-западному краю зоны, где имеется резкое изменение кажущегося удельного сопро-

тивления (рис. 4). Весьма примечательно, что именно к этому краю зоны приурочено большинство карстовых явлений. Данные бурения показывают еще, что в центральной части зоны нарушения известняки доломитизированы, трещиноваты, кавернозны и закарстованы. Породы на глубину до 20 м здесь окрашены гидроокислами железа в желтоватый, бурый или фиолетовый цвет. В карстовых полостях встречается

Геологическими и геофизическими исследованиями установлено еще, что в

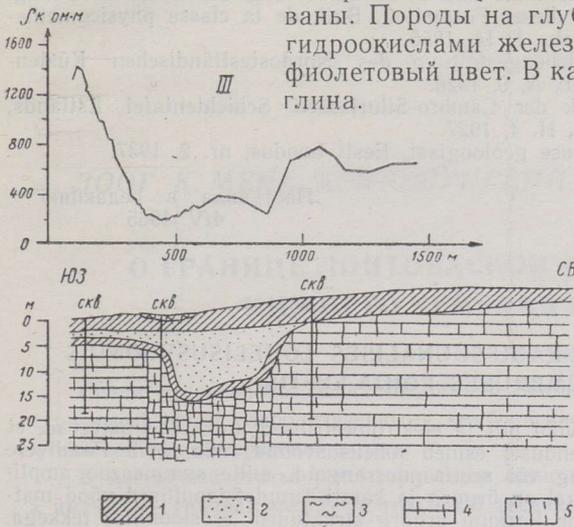


Рис. 4. Геологический разрез зоны трещиноватости около дер. Везиору и соответствующая кривая электропрофилеирования III: 1 — морена; 2 — песчано-гравийные отложения; 3 — глина; 4 — известняки; 5 — трещиноватость.

промежутке между озером Поркуни и деревней Эйпри над зоной нарушения имеется погребенная долина, которая является продолжением древней долины Поркуни. Мощность четвертичных отложений здесь в широкой полосе значительная, достигая, по данным шахтных и буровых колодцев, 18 м. Большие мощности четвертичных отложений встречаются над зоной еще и юго-восточнее деревни Эйпри (например, в Ависпеа — 12 м, в Мяри — 9 м). Значительные мощности четвертичных отложений связаны здесь, по-видимому, с наличием погребенных карстово-денудационных впадин, которые вытянуты в северо-западном направлении. Развитие современного карста происходило в бортовых частях погребенных долин и около карстово-денудационных впадин, где мощность четвертичных отложений меньше. Таким образом, распространение современных карстовых форм связано здесь с древним карстом, развитым по зоне трещиноватости.

Из сказанного следует, что вдоль Поркуниской зоны нарушения, пересекающей Пандиверескую возвышенность, в доледниковое время образовалась долина, а в юго-восточной части ее — карстово-денудационные впадины. Таким образом, прямолинейность древней долины Поркуни объясняется ее структурно-эрозионным происхождением.

Выявление зоны трещиноватости северо-западного простираения на северозэстонском плато указывает, что аналогичные зоны могут встречаться здесь и в других местах. Особенно достоверным предположить, что они находятся на местах долин рек, имеющих северо-западное или северное направления. Поэтому выяснение и изучение распространения и характера зон трещиноватости имеет большое значение с точки зрения структурного строения территории Эстонской ССР, а также для выяснения закономерностей развития современного и древнего рельефа, карста и движения трещинно-карстовых вод. Эффективным методом для выявления и изучения этих зон является детальное изучение распространения карста с параллельным проведением электропрофилеирования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Helmersen G., Die regelmässige Zerklüftung des Kalksteins der untern-silurischen Formation an der Küste Ehtlands und seine Zerstörung durch die Brandung. Vorkommen von Asphalt in dieser Formation, Bull. de la classe physicomathématique Acad. Sci. St.-Petersb., 1, 14, 1856.
2. Tammekann A., Die Oberflächengestaltung des Nordostestländischen Küstentafellandes, Acta Univ. Tartu., A, 9, 1926.
3. Teichert C., Die Klufftektonik der Cambro-Silurischen Schichtentafel Estlands, Geol. Rundschau, Bd. XVIII, H. 4, 1927.
4. Öpik A., Porkuni-Tamsalu ümbruse geoloogias, Eesti Loodus, nr. 2, 1937.

Институт геологии  
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию  
4/V 1965

H. ANDRA, U. HEINSALU

### ÜRGORG JA KARST LOODE-KAGU-SUUNALISES LÕHELISUSVÖÖNDIS PORKUNI ÜMBRUSES PÕHJA-EESTIS

Karstiväljade ja karstilehtrite leviku pilt ja elektromeetrilised uurimised näitavad, et Porkuni ürgoru kagusuunalisel pikendusel esineb lõhelisusvöönd, mis läbib Pandivere kõrgustikku. Vööndis esineb murrang või seeria murranguid, mille summaarne amplituud on 1–2 m. Lõhelisusvööndi kohal on ürgorg ja karsti-denudatsioonilised nõod matunud. Seega on loode-kagu-suunaline Porkuni ürgorg struktuurilt erosioonilise tekkega.

Loode-kagu-suunalise lõhelisusvööndi ilmsikstulek Põhja-Eesti lavamaal osutab, et sellesuunalisi vööndeid võib esineda mujalgi, eriti loode-kagu- ja põhja-lõuna-suunaliste jõeorgude kohal. Nende uurimisel on eriti efektiivne sümmeetriline elektroprofileerimine ning detailne karstinähtuste kaardistamine.

H. ANDRA, U. HEINSALU

### ANCIENT VALLEY AND KARST IN THE NW-SE-DIRECTED SHEAR ZONE IN THE ENVIRONMENT OF PORKUNI IN NORTHERN ESTONIA

The map of the distribution of karst fields and craters as well as electromagnetic investigations show that at an elongation of the ancient valley of Porkuni in a south-easterly direction there occurs a shear zone which intersects the elevation of Pandivere. There is a fault or series of faults in the zone, with a summary amplitude of 1–2 metres. In the shear zone we find a buried ancient valley and some karst-denudational depressions. Thus the NW-SE-directed ancient valley of Porkuni is of a structural-erosional origin.

The appearance of a NW-SE-directed shear zone on the North-Estonian plateau shows that similar zones may occur in other places as well, and in particular in the river-valleys of a NE-SW and N-S direction. For a study of these zones, the method of symmetric electroprofiling and a detailed mapping of karst phenomena have proved to be particularly effective.