

А. Н. ПОНОМАРЕВ и Г. А. МАКСИМОВИЧ

**О ВЛИЯНИИ ЭКСПОЗИЦИИ НА ВЫВЕТРИВАНИЕ ГИПСОВ  
И ИЗВЕСТНЯКОВ**

*(Представлено академиком В. А. Обручевым 20 VI 1940)*

Выветривание пород зависит от ряда факторов. При этом физическое выветривание, обусловленное, главным образом, резкими колебаниями температуры воздуха, зависит от количества теплоты, поглощенной породой. Степень нагревания пород зависит от их теплоемкости, цвета, теплопроводности и ряда других факторов. Одним из таких факторов, который не всегда учитывается, является экспозиция пород и, в частности, их обнажений.

В горных местностях с расчлененным рельефом, где почвенный покров зачастую почти отсутствует, нагреваются непосредственно породы, которые вблизи поверхности только несколько выветрели. В равнинных местностях и предгорьях в условиях умеренного климата, где почвенный покров развит почти повсеместно, породы выходят по большей части на дневную поверхность только там, где они вскрыты боковой эрозией. Это, главным образом, обнажения подмываемых берегов рек. Ниже мы приведем результаты наблюдений над температурой таких обнажений известняков и гипсов различной экспозиции по берегам рек в Молотовской области. Наблюдения эти, производившиеся одним из авторов статьи с экологическими целями, показали резкую противоположность температурного микроклимата указанных пород, обусловленную экспозицией. Эти данные позволяют выяснить условия физического выветривания известняков и гипсов в зависимости от экспозиции.

В литературе имеется очень немного данных о тепловом режиме горных пород в условиях обнажений той или иной экспозиции (3, 7, 8, 11—13).

Наши исследования были произведены в июле и августе 1938 г. в Западном Приуралье и Среднем Урале, в области развития верхнепалеозойских отложений. По данным Крауса, различия в температурах обнажений склонов северной и южной экспозиции зимою отсутствуют. Они появляются с наступлением весны и, становясь все более и более значительными, достигают максимума летом. Таким образом нами было выбрано для наблюдений время максимальной разницы температурного микроклимата пород. Были поставлены три серии наблюдений, в каждой из которых наблюдения производились в течение трех дней одновременно, ежедневно и параллельно на обнажениях северной и южной экспозиции, с 9 час. утра до 10 час. вечера. Только в одной серии наблюдения производились круглосуточно. Здесь они были проведены только для обнажения южной

экспозиции, так как на противоположном берегу обнажения отсутствовали. Измерения температуры производились на высоте 50 см над поверхностью обнажения, на поверхности почвы и в породе на глубине 3, 5, 10 и 25 см. При исследованиях применялась методика Келлера (<sup>5,6</sup>), оправдавшая себя в работах других авторов (<sup>3,7</sup>), как очень простая и обеспечивающая в то же время вполне достоверные результаты. Термометры устанавливались на карнизах и уступах известковых и гипсовых скал, прикрытых сверху более или менее толстым плащом рухляка выветривания. В приготовленные шлямбуром скважины погружались деревянные муфты-изоляторы, в которые вставлялись термометры. Цилиндрический ртутный резервуар термометров был закрыт цинковым колпачком и залит парафином во избежание поломки и колебаний температуры при выемке термометров из скважин для отсчетов. По характеру исследований скважины большей части проходились в местах развития на карнизах обнажений рухляка выветривания. На обнажениях гипса скважина была проведена и в отвесной стенке, лишенной элювиально-делювиального плаща. Проведенные принятым методом температурные наблюдения показали в общем такой же температурный режим. Только на глубине 25 см наблюдалась несколько большая амплитуда колебаний температуры, обусловленная отсутствием менее теплопроводного рухляка выветривания. Это обстоятельство необходимо учитывать при пользовании приводимыми ниже данными. Однако эта незначительная разница не изменяет устанавливаемых закономерностей.

Первая серия наблюдений была произведена в Кунгурском районе Молотовской области в месте развития кунгурских отложений. Здесь были проведены круглосуточные наблюдения на обнажениях Подкаменной горы, на правом берегу р. Сылвы. Обнажение это сложено, по Толстихиной, отложениями иренского горизонта кунгурского яруса—II и I свитами гипсов и ангидритов. Результаты температурных наблюдений приведены в табл. 1.

Таблица 1

Суточные температуры воздуха и гипсов южной экспозиции Подкаменной горы близ г. Кунгура (I серия наблюдений)

Положение термометров в см	7—8 VII (с 3 час. дня до 2 час. дня)				9—10 VII (с 10 час. утра до 9 час. утра)			
	max	min	Амплитуда	Средняя суточная температура	max	min	Амплитуда	Средняя суточная температура
-25	23,6	22,5	0,9	23,1	23,4	22,2	1,2	22,7
-15	27,3	25,0	2,3	26,3	26,5	22,3	4,2	24,7
-10	34,0	25,1	8,9	29,0	32,8	20,1	12,7	26,5
- 3,5	59,0	21,8	37,2	34,2	40,8	15,9	24,9	28,1
0	66,5	18,4	48,1	35,5	51,0	13,0	38,0	29,9
+10	46,8	17,5	29,3	29,0	33,0	12,5	20,5	23,8

Вторая серия наблюдений также была проведена в области развития пермских отложений. Это—обнажения гипсов кунгурского яруса в нижнем течении р. Чусовой. Результаты температурных наблюдений приведены в табл. 2.

Третья серия наблюдений проводилась уже на обнажениях известняков северной и южной экспозиции в долине р. Усьвы в Кизеловском районе.

Здесь около пос. Б. Бревно обнажается Камень Малое Бревно, сложенный белыми и светлосерыми кремнистыми известняками нижнепермского возраста. Данные о максимальных и средних дневных температурах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Положение термометров в см	Гипсы нижнего течения р. Чусовой (II серия наблюдений)								
	Средние дневные температуры						Максимальные температуры		
	3 VIII			4 VIII			3 VIII		
	S	NW	Разн.	S	NW	Разн.	S	NW	Разн.
-25	23,0	10,2	12,8	23,0	10,1	12,9	24,5	10,4	14,1
-10	28,0	14,3	13,7	25,8	13,6	12,2	31,6	16,7	14,9
-3,5	39,8	16,6	23,2	36,8	14,8	22,0	55,0	21,0	34,0
0	40,0	21,9	18,1	36,6	17,6	19,0	49,2	27,5	21,5
+50	31,1	26,4	4,7	30,7	23,9	6,8	37,0	30,5	6,5

Положение термометров в см	Известняки в долине р. Усьвы (III серия наблюдений)											
	Средние дневные температуры						Максимальные температуры					
	27 VII			28 VII			27 VII			28 VII		
	S	N	Разн.	S	N	Разн.	S	N	Разн.	S	N	Разн.
-25	16,4	10,2	6,2	16,9	9,9	7,0	18,4	10,4	8,0	18,5	10,7	7,8
-10	19,4	9,9	9,5	19,8	9,9	9,9	23,6	10,8	12,8	23,0	11,4	11,6
-3,5	30,5	11,6	18,9	29,1	13,0	16,1	50,2	14,7	35,5	42,2	15,4	26,8
0	32,5	15,0	17,5	33,1	17,9	15,2	59,0	23,2	35,8	50,6	22,4	28,2
+50	22,9	16,9	6,0	25,7	20,5	5,2	33,5	20,0	13,5	33,0	23,8	9,2

По р. Усьве были получены наиболее характерные кривые изменения температуры за день для обнажений различной экспозиции (см. фигуру). Здесь с полной отчетливостью выступает зависимость динамики температур породы и воздуха от экспозиции. Она проявляется в различном ходе кривых на станциях южной и северной экспозиции. Кривые температуры приземного слоя воздуха, поверхности земли и пород на глубине 3,5 см на станциях южной экспозиции характеризуются резко выраженными максимумами в полдень или в первые часы после полудня, крутым подъемом и столь же крутым падением в предполуденные и вечерние часы, т. е., иначе говоря, эти кривые являются симметричными, полностью обусловленными интенсивностью прямой солнечной радиации. Кривая температур пород на глубине 10 см более плавная, как бы сглаженная. Колебания температуры на этой глубине еще довольно значительны, т. е. дневное прогревание и ночное охлаждение, хотя и в смягченной форме, все же здесь имеют место. Характерно, что в дневные часы кривые температур поверхности земли и пород на глубине 3,5 см располагаются выше, чем кривая температуры воздуха на высоте 50 см. На известняках (и гипсах) северной экспозиции кривые температуры поверхностных частей породы (0—3,5 см) и воздуха асимметричны. Здесь имеем очень спокойный и плавный ход температуры в течение дня, причем максимум достигается только в вечерние часы перед заходом солнца. После этого имеем довольно крутое падение. Для обнажений пород северной экспозиции характерно, что кривая температур воз-

духа на высоте 50 см располагается выше всех остальных. Следовательно, породы нагреваются здесь приземным воздухом, тогда как обнажения южной экспозиции—прямой солнечной радиацией.

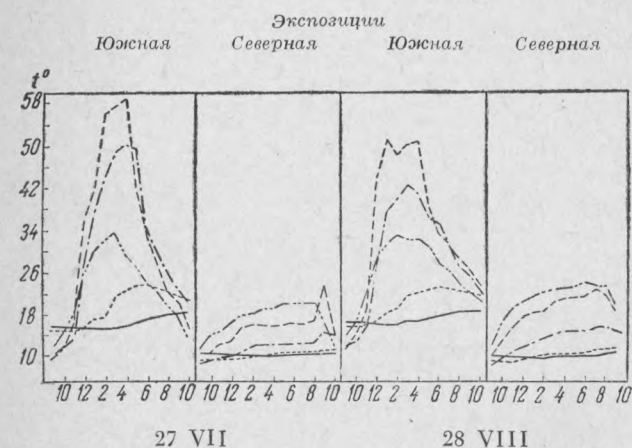
На основании приведенных данных, а также всего фактического материала наблюдений можно сделать следующие выводы:

1. Температурный микроклимат известняков и гипсов северной и южной экспозиции резко различен. Об этом дает представление разность средних дневных температур пород и воздуха. За 4 дня наблюдений второй (гипсы р. Чусовой) и третьей (известняки р. Усьвы) серий наблюдений эта разность колеблется (см. табл. 2): для воздуха на высоте 50 см—от 4,7 до 6,8°, для поверхности обнажения—от 17,9 до 19,1°, на глубине: 3,5 см—от 16,1 до 23,2°, 10 см—от 9,5 до 13,7°, 25 см—от 6,2 до 12,9°.

2. Дневные амплитуды колебания температур на обнажениях известняков и гипсов южной и северной экспозиции неодинаковы (см. фигуру).

Они для южной значительно больше, чем для северной. Суточные колебания температуры в гипсах южной экспозиции достигали по наблюдениям первой серии 48,1° для поверхности обнажения и 37,2°, 8,9°, 2,3° и 0,9° соответственно для глубины 3,5; 10; 15 и 25 см.

Такие большие амплитуды колебания температур поверхностного слоя пород обнажений южной экспозиции в течение дня и суток едва ли являются максимальными. Они объясняются тем, что в дневные



часы обнаженные гипсы и их рухляки выветривания нагреваются до очень высоких температур (до 66° по нашим наблюдениям), тогда как ночью вследствие лучеиспускания они быстро охлаждаются с поверхности. При этом максимальные температуры приходятся на полуденное и приполуденное время. В противоположность этому амплитуды колебания температур пород на обнажениях известняков и гипсов северной экспозиции совершенно ничтожны. Кривые дневного хода температур (см. фигуру) очень пологи и не имеют резко выраженных максимумов. Наибольшие температуры наблюдаются в вечерние часы перед заходом солнца, так как нагревание пород происходит приземным воздухом.

3. Суточные колебания температуры, как фактор выветривания, играют на обнажениях известняков и гипсов южной экспозиции несравненно большую роль, чем в условиях северной экспозиции. Значение этого фактора особенно велико весной, когда обнажения южной экспозиции благодаря интенсивной инсоляции нагреваются выше 0°, а ночью при заморозках температура их падает ниже 0°. Эта разница в температурном микроклимате, естественно, обуславливает также более раннее таяние снега и более быстрое просыхание обнажений южной экспозиции.

4. С глубиной амплитуда колебания температуры пород затухает. Уже на глубине 25 см колебания температуры в течение дня и суток хотя

и наблюдаются, но они совершенно ничтожны и не превышают в общем 2—3°. На глубине 10 см эти амплитуды уже больше, хотя тоже не велики (5—6° в среднем), тогда как на глубине 3,5 см и на поверхности они чрезвычайно велики. Отсюда можно заключить, что физическое выветривание, происходящее вследствие колебания температуры, захватывает лишь самый поверхностный слой породы. Этот слой мощностью не более 10 см можно назвать активным слоем выветривания.

5. Физическое выветривание является лишь одной стороной сложного многообразного процесса. Естественно, что на обнажениях действует также химическое и органическое выветривание. Известняки и гипсы, как довольно легко растворимые породы, подвергаются также химическому выветриванию. Это выветривание проявляется более интенсивно на обнажениях южной экспозиции. Благодаря тому что они по большей части круты, несмотря на более интенсивное выветривание, плащ элювия и делювия здесь незначителен. Ближе к поверхности здесь находятся слабо выветрелые разности гипсов и известняков, которые и растворяются стекающими водами. Растительность на обнажениях южной экспозиции находится в таких случаях только на карнизах. Отсюда роль органического выветривания невелика. Обнажения гипсов и известняков северной экспозиции по большей части пологи. Они прикрыты элювиально-делювиальным плащом. Физическое и химическое выветривания здесь проявляются слабее. Зато здесь наблюдается более обильная растительность, что делает роль биохимического и биофизического выветривания значительной. Характер растительности обнажений северной и южной экспозиции, вследствие различия микроклиматических условий, также различен.

6. Различный характер выветривания известняков и гипсов в зависимости от экспозиции является одной из причин асимметрии долин рек, текущих в широтном направлении. Факторы, могущие обусловить асимметрию поперечного профиля речных долин, многочисленны. При одинаковом геологическом составе обоих склонов долины продольный профиль ее зависит от закона Бэра-Бабинэ, первичного наклона топографической поверхности (2), экспозиции по отношению к господствующим (9, 10), а возможно и влажным ветрам (15), инсоляции (1, 4), а также наклона слабодислоцированных отложений (14), наклона покрова платформ при колебательных (эпейрогенических) движениях, литологического состава пород, характера и направления трещиноватости, степени закарстованности и т. д. Соотношением этих факторов и ролью каждого из них и определяется поперечный профиль долины. Вследствие разнообразия условий на различных участках реки профиль ее долины имеет различный характер. При этом на участке Чикали—Кунгур—Подкаменная гора, где река течет примерно в широтном направлении, долина р. Сылвы асимметрична. Крутым является правый берег с южной экспозицией. Помимо правила Кориолиса и других факторов значительная роль здесь принадлежит, повидимому, и инсоляции. Интенсивное физическое и химическое выветривание, способствующее более быстрому разрушению берега с южной экспозицией, является, повидимому, одним из основных факторов асимметрии долины р. Сылвы на этом участке. Подобные явления отмечались и раньше (1). Нами установлены только основные закономерности температурного микроклимата различных склонов. Различие в температурном микроклимате, обусловленное инсоляцией, является первопричиной. Более интенсивное физическое и химическое выветривание, более раннее таяние снегов и вообще меньшее увлажнение, а отсюда меньшее развитие растительности на склонах южной экспозиции, являются следствием. Это и обуславливает, при отсутствии других факторов, действие которых более значительно, более легкое размывание берегов южной

экспозиции у рек, текущих в широтном направлении. Не ясна еще роль литологии. Теоретически мыслимо, что для менее прочных песчано-глинистых пород, вследствие более легкого разрушения, более отлогими будут склоны, обращенные на юг. Это подтверждается наблюдением Эдельштейна для горной Сибири. Необходимы дальнейшие работы в этом направлении.

Кафедры динамической геологии  
и систематики растений  
Молотовский государственный  
университет

Поступило  
21 VI 1940

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> А. Д. Архангельский, Землеведение, кн. IV (1911). <sup>2</sup> А. А. Борзов, Сборник в честь семидесятилетия проф. Д. Н. Анучина, Москва (1913). <sup>3</sup> В. Ф. Васильев, Труды Воронежского ун-та, X, 5 (1939). <sup>4</sup> Н. А. Димо и Б. А. Келлер, В области полупустыни, Саратов (1907). <sup>5</sup> Б. А. Келлер, Труды Тифлис. бот. сада, XII, 2 (1913). <sup>6</sup> Б. А. Келлер, По долинам и горам Алтая, Казань (1914). <sup>7</sup> Н. Ф. Комаров, Советская ботаника, 5 (1933). <sup>8</sup> Коржинский, Труды об-ва естеств. при Казанском ун-те, XIX, 6 (1889). <sup>9</sup> Klinge, Über den Einfluss der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer. <sup>10</sup> Köppen, Meteorologische ZS. VII. <sup>11</sup> Kraus, Klima u. Boden auf den kleinsten Raum, Jena (1911). <sup>12</sup> П. К. Крылов, Труды об-ва естеств. при Казанском ун-те, VI, 6 (1879). <sup>13</sup> Лоске, Сельскохозяйственная метеорология (1913). <sup>14</sup> А. П. Павлов, Землеведение, III—IV (1898). <sup>15</sup> А. Ренск, Morphologie der Erdoberfläche, Teil 2 (1894).