

Ф. А. МАКАРЕНКО, В. П. ЗВЕРЕВ

## О ПОДЗЕМНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ДЕНУДАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ СССР

(Представлено академиком В. В. Меннером 24 IV 1969)

Химическая денудация земной коры, выражаемая стоком растворенных веществ с территории континентов<sup>(1)</sup>, осуществляется двумя генетически различными процессами: поверхностным химическим выветриванием, движущей силой которого являются склоновые и почвенные воды, формирующие собственно поверхностный химический сток, и подземным химическим стоком, осуществляющим массоперенос и перераспределение вещества непосредственно в толще земной коры<sup>(2)</sup>. Количественная оценка этих процессов на территории СССР позволила выяснить их относительную роль в кругообороте вещества земной коры<sup>(2)</sup> и установить, что каждый участвует в перераспределении соответственно  $161 \cdot 10^6$  и  $279,6 \cdot 10^6$  т растворенных веществ в год. Таким образом, подземный сток, под которым понимается перемещение гравитационных подземных вод, заключенных в горных породах верхней части земной коры, от областей питания к местам дренирования, является основным механизмом химической денудации и мобилизации вещества континентов. Его величина, показывающая количество растворенных солей, выносимых подземными водами из толщи земной коры в единицу времени, определяется как общей массой подземных вод, участвующих в стоке, так и величиной их солености.

Вынос растворимых соединений из толщи земной коры приводит к увеличению порового пространства горных пород и в итоге способствует постепенному региональному опусканию территории<sup>(3, 4)</sup>. Поэтому подземная химическая денудация условно может быть выражена слоем горных пород, выносимых подземными водами в растворенном состоянии в единицу времени, и описана уравнением:

$$h = qT/\rho_T$$

где  $h$  — показатель подземной химической денудации (см за 1000 лет),  $q$  — модуль подземного химического стока ( $\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$ ),  $\rho_T$  — средняя плотность осадочных горных пород верхней части земной коры ( $2,4 \text{ г}/\text{см}^3$ )<sup>(5)</sup>,  $T$  — время 1000 лет. Величины модуля подземного химического стока брались по Карте подземного химического стока на территории СССР масштаба 1:10 000 000, составленной Ф. А. Макаренко, В. П. Зверевым, В. И. Кононовым и В. Д. Безродновым (1969 г.).

Определение показателя подземной химической денудации (средние величины которого для отдельных тектонических структур приведены в

---

Рис. 1. Карта подземной химической денудации на территории СССР. 1 — изолинии подземной химической денудации (см/1000 лет); 2 — участки со сложными изменениями подземного химического стока, охарактеризованные средним значением его модуля ( $\text{г}/\text{см}^2 \cdot \text{сек}$ ); 3 — районы, где подземная химическая денудация превышает величину деформации земной поверхности за неотектонический этап развития, а — химическая денудация и неотектонические деформации обратны по знаку, б — химическая денудация и неотектонические деформации однонаправлены; 4 — районы, где механическая денудация превышает подземную химическую

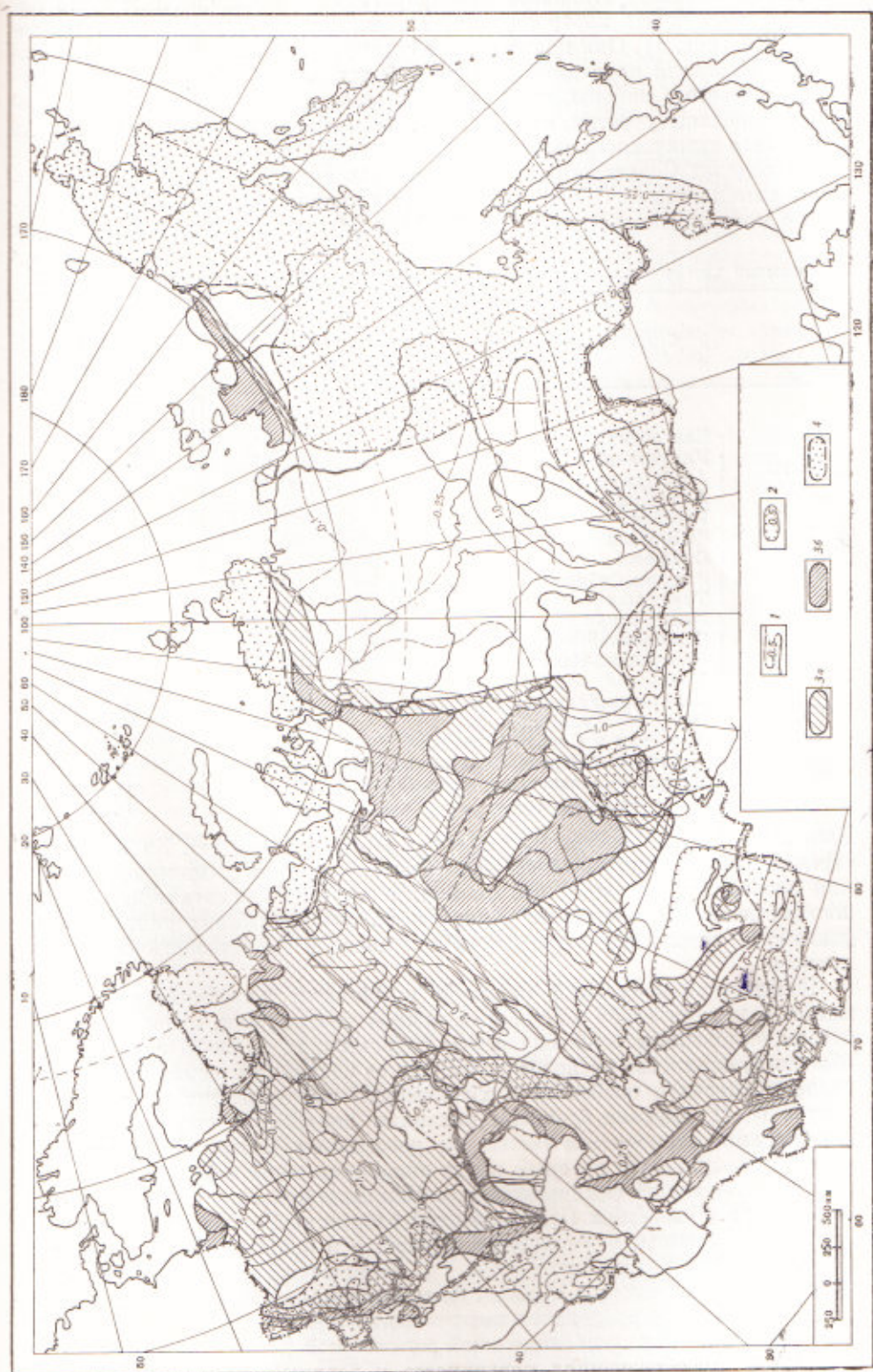


табл. 1) позволило установить пространственное распределение этого параметра и составить карту подземной химической денудации на территории СССР (рис. 1). Она представляет совокупность изолиний равных значений показателя подземной химической денудации. Исключения составляют бессточные районы, где подземный сток сильно изменчив и для которых выделены участки, охарактеризованные средним значением модуля подземного химического стока.

В пределах Советского Союза показатель подземной химической денудации изменяется от 0,05 см за 1000 лет в крайних северо-восточных районах с мощной многолетней мерзлотой, до 4,0 см в высокогорных районах

Таблица 1

Подземная химическая денудация в различных тектонических структурах СССР

Структура, регион		Подземный химический сток, 10 <sup>6</sup> т/год	Показатель подземной химической денудации, см за 1000 лет
Щиты	Балтийский	0,545	0,07
	Украинский	0,67	0,19
	Анабарский	0,12	0,047
Платформы, плиты	Алданский	2,42	0,19
	Русская	71,2	0,75
	Сибирская	50,2	0,56
	Скифская	8,34	1,52
	Западно-Сибирская	27,7	0,48
	Туранская	24,6	0,68
	Байкальская	8,58	0,34
	Саяно-Алтайская	12,15	0,64
	Центрально-Казахстанская	13,10	0,52
	Уральская	8,16	0,69
Горноскладчатые области	Джунгаро-Тяньшанская	31,05	2,78
	Верхояно-Чукотская	5,23	0,13
	Амурская и Сихотэ-Алиньская	4,0	0,18
	Альпийская Европейская часть СССР	17,34	2,68
	Альпийская Азиатская часть СССР	1,27	0,57
	Курило-Камчатская	10,75	0,73

Большого Кавказа, составляя в среднем 0,5 см за 1000 лет. Характер пространственного распределения показателя подземной химической денудации позволил установить, что он контролируется климатической зональностью, рельефом, а через него интенсивностью новейших тектонических движений, литологией водовмещающих пород и гидрогеологическими условиями.

Химическая денудация, наряду с новейшими тектоническими движениями и механической денудацией земной поверхности, относится к процессам, создающим основные черты современного рельефа суши. Однако обычно большинство исследователей при ее изучении рассматривают лишь закономерности и особенности химического выветривания верхних горизонтов (1, 6), опуская основной механизм денудации — подземный сток. Необходимо остановиться также на рассеянном подземном химическом стоке к поверхности, который после испарения воды переходит в склоновый или почвенный химический сток. Как было показано в работах по бассейну Дона (4) и Узоя (7), подземный рассеянный вынос солей составляет около половины, а в аридных районах — и большую часть собственно поверхностного химического стока (2). Количественная оценка этого процесса сейчас невозможна и может быть выполнена лишь впоследствии при более детальном картировании химического стока.

Чтобы показать роль подземной химической денудации среди других процессов, преобразующих поверхность и верхнюю часть земной коры, проведено ее сравнение с величиной деформации земной поверхности за неотектонический этап развития (8) и механической денудации, выражен-

ной количеством взвешенных наносов рек<sup>(9)</sup>. Для этого на карте подземной химической денудации выделены зоны, где ее показатель превышает абсолютные значения неотектонической деформации земной поверхности и механическую денудацию, выраженную слоем выносимой горной породы. От общей площади территории Советского Союза эти зоны составляют, соответственно, 34 и 64%.

Пространственно зона преобладания подземной химической денудации над неотектонической деформацией земной поверхности относится к наиболее стабильным тектоническим структурам (Русской, Западно-Сибирской и Туранской плитам), а также к отдельным частям структур слабого горообразования (Уральская и Центрально-Казахстанская складчатые области). В климатическом отношении это обычно районы достаточного и недостаточного увлажнения. Особое место занимают бессточные районы, где подземный сток может приводить не только к снижению земной поверхности за счет подземной химической денудации в толще земной коры, но и к отдельным поднятиям поверхности в результате аккумуляции солей в местах разгрузки подземных вод<sup>(4)</sup>.

При сравнении подземной химической денудации с неотектонической деформацией земной поверхности необходимо учитывать направление последней. Там, где эти процессы разнонаправлены (рис. 1), собственно неотектоническая деформация земной поверхности должна быть несколько больше, а в однонаправленных, — наоборот, меньше, чем это вытекает из неотектонических реконструкций<sup>(10)</sup>.

Зона, где подземная химическая денудация превышает механическую, охватывает большую часть территории страны, за исключением областей интенсивного проявления новейших тектонических движений, хотя здесь абсолютные значения показателя подземной химической денудации значительно больше, чем на остальной территории. Это объясняется более резко выраженной зависимостью механической денудации от положения базиса эрозии по сравнению с химической<sup>(11)</sup>. Следует отметить, что выделенная выше область, где показатель подземной химической денудации превышает значения неотектонической деформации земной поверхности, находится почти целиком внутри зоны преобладания подземной химической денудации над механической. Отдельные участки превышения механической над подземной химической денудацией, отмеченные в пределах центра и юга Европейской части СССР, связаны с современной сельскохозяйственной деятельностью человека, а также, особенно в южных районах, с невозможностью учета рассеянного подземного химического стока к поверхности.

Таким образом, приведенные данные показывают, что подземный химический сток в целом ряде обширных районов Советского Союза является весьма мощным денудационным фактором, превышающим по эффективности другие эндогенные и экзогенные процессы. Его необходимо учитывать при различных геологических построениях как регионального, так и глобального характера.

Геологический институт  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
24 IV 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> О. А. Алекси, Л. В. Бражникова, Сток растворенных веществ с территории СССР, «Наука», 1964. <sup>2</sup> Ф. А. Макаренко, В. П. Зверев, В. И. Кононов, ДАН, 179, № 1 (1968). <sup>3</sup> Ф. А. Макаренко, Бюлл. МОИП, отд. геол., 27, в. 1 (1952). <sup>4</sup> Ф. А. Макаренко, Характеристика грунтового стока бассейна Дона (режим, баланс, гидрохимия и геологическая деятельность), Изд. АН СССР, 1961. <sup>5</sup> В. Н. Кобранова, Физические свойства горных пород, 1962. <sup>6</sup> Г. А. Максимович, ДАН, 93, № 4 (1953). <sup>7</sup> Ф. А. Макаренко, Тр. Лаборатории гидрогеол. проблем, 30 (1960). <sup>8</sup> Н. И. Николаев, Физико-географический атлас мира, М., 1964. <sup>9</sup> Г. В. Лопатин, Наносы рек СССР. Образование и перенос, 1952. <sup>10</sup> Н. И. Николаев, Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР, М., 1962. <sup>11</sup> Н. М. Страхов, Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли, 1963.