

ХИМИЧЕСКАЯ ДЕНУДАЦИЯ В ВЕРХОВЬЕ р. КАМЫ

Г. А. Максимович и М. С. Абрамов

Химическая денудация, или понижение континентов вследствие выноса реками растворенных веществ, является одним из важных путей миграции веществ на Земле. Ранее одним из авторов этой статьи было подсчитано, что на нашей планете химическая денудация составляет в среднем 12 μ в год (3). При этом указывалось, что в связи с разнообразием орографических, климатических, почвенных, геологических и других условий, химическая денудация изменяется в широких пределах.

Значительное изменение ее на сравнительно небольшой площади установлено в части бассейна р. Камы в пределах Молотовской области. На западе этой территории широтная зона преобладания гидрокарбонатных гидрохимических фаций речных вод лесной зоны, а на востоке, в пределах Уральского хребта и его ближайших предгорий, сказывается вертикальная зона Уральского хребта, где в истоках рек наблюдаются слабоминерализованные воды, относящиеся к $\text{SiO}_2\text{-HCO}_3$ и HCO-SiO_2 гидрохимическим фациям (1).

Кроме географических зон, здесь сказываются особенности геологического строения, в частности, наличие легкорастворимых пород гипса, ангидрита и солей. В результате химическая денудация изменяется от 10 до 145 μ в год, причем в среднем она в 2,5–3 раза больше средней для всей Земли (2) и для лесной зоны (3) и в 6–8 раз больше механической денудации (2). В таблице 1 показана химическая денудация на отдельных участках Верхней Камы и ее притоках.

Как видно из таблицы, на площади Верхней Камы, химическая денудация изменяется следующим образом.

В предгорной провинции $\text{HCO}_3\text{-SiO}_2\text{-Ca}$ гидрохимических фаций речных вод (бассейны рр. Вишеры и Яйвы) она составляет от 30 до 106 μ в год. В типичной лесной зоне области $\text{HCO}_3\text{-Ca-SO}_4$ гидрохимических фаций речных вод в бассейнах рр. Косьвы и Чусовой 19–27 μ в год.

На северо-западе Молотовской области, выше впадения р. Вишеры в Каму, а также в бассейне правых ее притоков – рек Кондаса, Иньвы и Обвы – в пределах области $\text{HCO}_3\text{-Ca-SiO}_2$ гидрохимических фаций, где развиты пермские красноцветные толщи и выщелоченные четвертичные отложения, химическая денудация составляет 12–25 μ в год. Южнее, в правобережье р. Камы она уменьшается до 10–11 μ .

При отсутствии в бассейнах рек сильнорастворимых пород химическая денудация определяется, главным образом, рельефом, климатическими условиями и представляет функцию водного стока. Это подтверждается предложенным Г. А. Максимовичем коэффициентом химической денудации X , который равен $\frac{B}{M}$, где B – химическая денудация бассейна реки в микронах в год, а M – модуль стока в литрах в секунду с 1 км^2 . Коэффициент X для находящихся в обычных условиях рек Молотовской области изменяется от 1,5 до 5. Эта закономерность нарушается в случае развития в бассейне реки легкорастворимых пород.

Химическая денудация в верховье р. Камы

Река	Пункт	Модуль стока в л/сек с 1 км^2 M	Изменение модуля стока	Среднегодовой химический сток		Химическая денудация в бассейне реки в микронах в год B	Коэффициент химической денудации $X = \frac{B}{M}$
				в граммах в секунду с 1 км^2	в тоннах в год с 1 км^2		
Кама	Выше впадения р. Вишеры	8,0	5,7–8,0	1,00	31,54	12	1,5
Кондас	Устье	8,0		1,23	38,49	14	1,75
Иньва	Устье	7,3		2,14	67,49	25	3,43
Обва	–	5,7–5,8		2,11	66,54	25	4,34
Вишера	Редикорское	22,4–23,0	11–23	3,54	111,64	41	1,63
Язьва	У устья	22,0		9,11	287,29	106	4,82
Колва	Выше впадения р. Вишерки	11,0–11,5		2,71	85,46	32	2,83
Яйва	Выше устья	16,0		2,56	80,73	30	1,89
Вишерка	У д. Фаина	9,0	9,0	5,36	169,03	62	6,89
Безмянная	У д. Семь сосен	9,0		12,44	392,31	145	16,1
Косьва	У устья	12,8–14	6,7–17,7	1,52	52,2	19	1,42
Чусовая	У Чизмы	6,7		0,44–1,13	25,5–30,8	10	1,49
Чусовая	В.-Чусовские городки	9,6		1,32–4,47	63,0	23	2,39
Чусовая	У устья	–		2,87–7,04	102–136	38–50	3,9–5,1
Койва	–	12,6		0,75–5,34	65	24	1,94
Бедька	–	–		0,68–5,85	72,5	27	–
Сылва	Р-н Шумково	11,0		0,58–1,78	35–61,2	13–23	1,64
Сылва	д. Подкаменка	7,0		2,54–8,0	104–166	39–62	7,86
Барда	–	–		2,97–3,33	75–102	128–38	4,71
Шаква	–	–		1,60	36,1	13	1,86
Ирень	–	7,0	6,81	234	87	12,43	
Атер	Щучье озеро	–	5,61	141,8	53	7,57	
Кама	У Полазны	–	9,7	2,77	87,29	32	3,40
Кама	У г. Молотова	9,7		1,06–5,78	80,5–119	29–44	3,0–4,5
Сюзьва	–	6,0	6,0	0,31–3,14	29,62	11	1,83
М. Ласьва	–	6,0		0,57–5,58	48,76	18	3,00
Гайва	–	6,0		–	27,50	10	1,67

В бассейне р. Вишерки имеется много соляных источников. Только один из них выносит ежегодно 32 260 тонн каменной соли. Река характеризуется Cl-Na гидрохимическими фациями, химическая денудация достигает здесь 62–145 μ год, а коэффициент ее равняется 6,89–16,1.

В области развития легковыщелачиваемых гипсов и ангидритов (бассейн р. Ирени и р. Сылвы, ниже впадения первой, и р. Атер) химическая денудация составляет 53–87 μ в год, а коэффициент $X = 7,86–12,43$.

Крупные реки, где проводились наблюдения по нескольким створам, характеризуются увеличением химической денудации от истоков к устью. Так, по р. Каме выше впадения в нее р. Вишеры она составляет 12 μ , у Полазны – 32 и у г. Молотова 29–44 μ в год. По р. Чусовой химическая денудация у Чизмы – 10 μ , у Верхне-Чусовских городков – 23 и около устья 38–50 μ в год.

Изучение изменения химического стока в течение года показало что, наибольшей интенсивности он достигает в весеннее время, в период паводка, особенно в апреле и мае. У Полазны в течение трех месяцев апрель – июнь) вносится 36,8 % годового стока растворенных минеральных веществ, а в бассейне р. Сылвы 63,8 %. В остальное время года интенсивность химического стока резко падает, несколько повышаясь только в осенний период. Химическая денудация минимальна в период ледостава и достигает наименьших цифр в конце его, обычно в марте.

Как показывают графики изменения водного и химического стоков в течение года, химический сток зависит от водного. При этом амплитуда колебания химического стока значительно меньше, чем водного, а максимум химической денудации соответствует минимальной минерализации речной воды. Минимум химической денудации приходится на период ледостава и летние месяцы, когда реки питаются подземными водами и минерализация их максимальна.

В весенний период, когда химический сток максимален, помимо подземных вод, большую роль играют поверхностные, минерализация которых связана с растворением почв и горных пород водосборного бассейна.

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. ДАН СССР, т. 37, № 5–6, стр. 211–216, 1942; Изв. Всесоюз. географ. о-ва, т. 75, вып. 1, стр. 38–50, 1943.
2. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод Молотовской области. Доклады научных конференций Молотовского ун-та, стр. 1–12, 1946.
3. Максимович Г. А. Химическая денудация Земли. ДАН СССР, т. 93, № 4, стр. 697–699, 1953.

ХИМИЧЕСКАЯ ДЕНУДАЦИЯ В ВЕРХОВЬЕ р. КАМЫ

Г. А. Максимович и М. С. Абрамов

Химическая денудация, или понижение континентов вследствие выноса реками растворенных веществ, является одним из важных путей миграции веществ на Земле. Ранее одним из авторов этой статьи было подсчитано, что на нашей планете химическая денудация составляет в среднем 12 μ в год (3). При этом указывалось, что в связи с разнообразием орографических, климатических, почвенных, геологических и других условий, химическая денудация изменяется в широких пределах.

Значительное изменение ее на сравнительно небольшой площади установлено в части бассейна р. Камы в пределах Молотовской области. На западе этой территории широтная зона преобладания гидрокарбонатных гидрохимических фаций речных вод лесной зоны, а на востоке, в пределах Уральского хребта и его ближайших предгорий, сказывается вертикальная зона Уральского хребта, где в истоках рек наблюдаются слабоминерализованные воды, относящиеся к $\text{SiO}_2\text{—HCO}_3$ и HCO—SiO_2 гидрохимическим фациям (1).

Кроме географических зон, здесь сказываются особенности геологического строения, в частности, наличие легкорастворимых пород гипса, ангидрита и солей. В результате химическая денудация изменяется от 10 до 145 μ в год, причем в среднем она в 2,5—3 раза больше средней для всей Земли (2) и для лесной зоны (3) и в 6—8 раз больше механической денудации (2). В таблице 1 показана химическая денудация на отдельных участках Верхней Камы и ее притоках.

Как видно из таблицы, на площади Верхней Камы, химическая денудация изменяется следующим образом.

В предгорной провинции $\text{HCO}_3\text{—SiO}_2\text{—Ca}$ гидрохимических фаций речных вод (бассейны рр. Вишеры и Яйвы) она составляет от 30 до 106 μ в год. В типичной лесной зоне области $\text{HCO}_3\text{—Ca—SO}_4$ гидрохимических фаций речных вод в бассейнах рр. Косьвы и Чусовой 19—27 μ в год.

На северо-западе Молотовской области, выше впадения р. Вишеры в Каму, а также в бассейне правых ее притоков — рек Кондаса, Иньвы и Обви — в пределах области $\text{HCO}_3\text{—Ca—SiO}_2$ гидрохимических фаций, где развиты пермские красноцветные толщи и выщелоченные четвертичные отложения, химическая денудация составляет 12—25 μ в год. Южнее, в правобережье р. Камы она уменьшается до 10—11 μ .

При отсутствии в бассейнах рек сильнорастворимых пород химическая денудация определяется, главным образом, рельефом, климатическими условиями и представляет функцию водного стока. Это подтверждается предложенным Г. А. Максимовичем коэффициентом химической денудации X , который равен $\frac{B}{M}$, где B — химическая денудация бассейна реки

Таблица 1

Химическая денудация в верховье р. Камы

Река	Пункт	Модуль стока в л/сек с 1 км ² М	Изменение модуля стока	Среднегодовой химический сток		Химическая денудация в бассейне реки в микронах в год В	Коэффициент химической денудации $X = \frac{B}{M}$
				в граммах в секунду с 1 км ²	в тоннах в год с 1 км ²		
Кама	Выше впадения р. Вишеры	8,0	5,7—8,0	1,00	31,54	12	1,5
Кондас	Устье	8,0		1,23	38,49	14	1,75
Иньва	Устье	7,3		2,14	67,49	25	3,43
Обва	—	5,7—5,8		2,11	66,54	25	4,34
Вишера	Редикорское	22,4—23,0	—	3,54	111,64	41	1,63
Язьва	У устья . . .	22,0		9,11	287,29	106	4,82
Колва	Выше впадения р. Вишерки	11,0—11,5	11—23	2,71	85,46	32	2,83
Яйва	Више устья .	16,0		2,56	80,73	30	1,89
Вишерка	У д. Фадина .	9,0	9,0	5,36	169,03	62	6,89
Безымянная	У д. Семь сосен	9,0		12,44	392,31	145	16,1
Косьва	У устья	12,8—14	6,7—17,7	1,52	52,2	19	1,42
Чусовая	У Чизмы . . .	6,7		0,44—1,13	25,5—30,8	10	1,49
Чусовая	В. Чусовские городки . . .	9,6		1,32—4,47	63,0	23	2,39
Чусовая	У устья	—		2,87—7,04	102—136	38—50	3,9—5,1
Койва	—	12,6	6,7—17,7	0,75—5,34	65	24	1,94
Бедька	—	—		0,68—5,85	72,5	27	—
Сылва	Р-н Шумково	11,0	—	0,58—1,78	35—61,2	13—23	1,64
Сылва	д. Подкаменка	7,0		2,54—8,0	104—166	39—62	7,86
Барда	—	—	7,0	2,97—3,33	75—102	28—38	4,71
Шаква	—	—		1,60	36,1	13	1,86
Ирень	—	7,0		6,81	234	87	12,43
Атер	Шучье озеро	—	—	5,61	141,8	53	7,57
Кама	У Полазны .	—	9,7	2,77	87,29	32	3,40
Кама	У г. Молотова	9,7		1,06—5,78	80,5—119	29—44	3,0—4,5
Сюзьва	—	6,0	6,0	0,31—3,14	29,62	11	1,83
М. Ласьва	—	6,0		0,57—5,58	48,76	18	3,00
Гайва	—	6,0		—	27,50	10	1,67

в микронах в год, а M — модуль стока в литрах в секунду с 1 км². Коэффициент X для находящихся в обычных условиях рек Молотовской области изменяется от 1,5 до 5. Эта закономерность нарушается в случае развития в бассейне реки легкорастворимых пород.

В бассейне р. Вишерки имеется много соляных источников. Только один из них выносит ежегодно 32 260 тонн каменной соли. Река характеризуется $Cl-Na$ гидрохимическими фациями, химическая денудация достигает здесь 62—145 μ в год, а коэффициент ее равняется 6,89—16,1.

В области развития легковыщелачиваемых гипсов и ангидритов (бассейн р. Ирени и р. Сылвы, ниже впадения первой, и р. Атер) химическая денудация составляет 53—87 μ в год, а коэффициент $X = 7,86—12,43$.

Крупные реки, где проводились наблюдения по нескольким створам, характеризуются увеличением химической денудации от истоков к устью.

Так, по р. Каме выше впадения в нее р. Вишеры она составляет 12 μ , у Полазны — 32 и у г. Молотова 29—44 μ в год. По р. Чусовой химическая денудация у Чизмы — 10 μ , у Верхне-Чусовских городков — 23 и около устья 38—50 μ в год.

Изучение изменения химического стока в течение года показало, что наибольшей интенсивности он достигает в весеннее время, в период паводка, особенно в апреле и мае. У Полазны в течение трех месяцев (апрель — июнь) вносится 36,8% годового стока растворенных минеральных веществ, а в бассейне р. Сылвы 63,8%. В остальное время года интенсивность химического стока резко падает, несколько повышаясь только в осенний период. Химическая денудация минимальна в период ледостава и достигает наименьших цифр в конце его, обычно в марте.

Как показывают графики изменения водного и химического стоков в течение года, химический сток зависит от водного. При этом амплитуда колебания химического стока значительно меньше, чем водного, а максимум химической денудации соответствует минимальной минерализации речной воды. Минимум химической денудации приходится на период ледостава и летние месяцы, когда реки питаются подземными водами и минерализация их максимальна.

В весенний период, когда химический сток максимален, помимо подземных вод, большую роль играют поверхностные, минерализация которых связана с растворением почв и горных пород водосборного бассейна.

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод и их зональность. ДАН СССР, т. 37, № 5—6, стр. 211—216, 1942; Изв. Всесоюзн. географ. о-ва, т. 75, вып. 1, стр. 38—50, 1943.
2. Максимович Г. А. Гидрохимические фации речных вод Молотовской области. Доклады научных конференций Молотовского ун-та, стр. 1—12, 1946.
3. Максимович Г. А. Химическая денудация Земли. ДАН СССР, т. 93, № 4, стр. 697—699, 1953.