

СОДЕРЖАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ.

Е. А. Кротова и Г. А. Максимович

В двадцатикилометровой толще земной коры имеется 10^{15} – 10^{16} тонн азота. Однако распределение его неравномерно. Выделяются некоторые поля скопления и рассеивания азота. Одним из полей скопления является воздушная оболочка. Здесь азот в основном представлен свободным газом. Другое поле – биосфера – содержит большое количество связанных форм соединений азота. И, наконец, третье поле – кора (выветривания и почвы – может считаться областью наибольшего скопления нитратных соединений.

Главным источником скопления нитратов в земной коре, в частности в коре выветривания, служат многочисленные процессы химического и биологического порядка. В основном выделяют два главных вида процессов: 1) процессы перехода свободного азота в связанные формы и 2) процессы превращения связанных форм азота. К процессам перехода свободного азота в связанные формы химическим путем относится образование окислов азота и аммиака под влиянием атмосферного электричества. Образовавшиеся в атмосфере окислы азота и аммиака попадают в почву с атмосферными осадками. Концентрация нитратов в водах редких и слабых дождей больше, чем в частых и обильных. Некоторое представление о количестве нитратов и аммиака, выпавших с атмосферными осадками, дает таблица 1 (10).

Таблица 1

Количество NH_3 и NO_3 , выпадающих с атмосферными осадками на 1 га
(в кг азота в год).

Область, станция	Количество атмосферных осадков в мм	NH_3	NO_3	Всего
Украина (Плотнянская оп. ст.)	–	4,2	0,2	4,4
Украина (Шатиловская оп. ст.)	–	–	–	14,67
Англия (Ротамстедская ст.)	691	3,0	1,3	4,3
Франция (Монсури)	547	11,6	3,6	15,2
Германия (Реген ст.)	577	12,0	3,7	15,7
Дания	756	5,3	2,7	8,0
Италия (Флоренция)	973	9,7	3,5	13,2
Америка (Канзас)	747	2,9	1,2	4,1
Япония (Пишигатнера)	1640	13,2	3,5	16,7

Биологический процесс фиксации свободного азота выполняется различными азотофиксирующими микроорганизмами. При этом продукты их деятельности не дают непосредственно нитратных соединений, а представляют материал для возникновения нитратов тем или иным путем.

Вторая группа процессов – превращение связанных форм азота, – осуществляемых также химически и биологически, характерна для биосферы (геосфера), почвы, коры выветривания и гидросферы.

В биосфере азот находится главным образом в виде сложных соединений, которые при своей минерализации в конечном счете дают нитраты.

Кора выветривания и особенно почвенный покров, как уже было отмечено, являются главными полями скопления нитратов. В почве азот находится в виде минеральных и органических соединений. Минеральные соединения представлены: 1) нитратами, 2) нитритами, 3) аммонийными солями, 4) солями комплексного типа. Органические: 1) компонентами гумуса, 2) неразложившимися растительными и животными остатками, 3) организмами, находящимися в почве.

Общее количество азота и, в частности, его нитратных соединений для различных почв различно (табл. 2) (10).

Таблица 2

Содержание органического, аммиачного и нитратного азота в почвах (в кг на га).

Почвы	Органический азот	Аммиачный азот	Нитратный азот
В слое 18 см			
Чернозем (Воронеж)	10492	42	62
Серая лесная почва (Орел)	5246	21	16
Подзолистая почва	4192	146	20
Дерново-подзолистая почва (Ленинград)	1888	42	18
В слое 20 см			
Почва на сланцах (Зап. Европа)	5601,9	29,19	271,5
Почва на граувакке	4234,7	19,18	435,2
Почва на гнейсе (Зап. Европа)	5754,6	27,3	467,8
Почва на зеленокаменных породах	6263,5	89,4	521,6

Это зависит как от наличия или отсутствия растительного покрова, характера растительности и почвы, так и от процессов превращения соединений азота. К ним относятся аммонификация, нитрификация и денитрификация, протекающие микробиологическим и химическим путем.

Основным источником, поставляющим нитраты в почву, кроме притока окислов азота из атмосферы, являются процессы нитрификации химического и микробиологического типа. Все другие превращения азота можно отнести к вспомогательным, усиливающим или ослабляющим, а иногда и совсем прекращающим процессы нитрификации. К благоприятно влияющим на нитрификацию относятся процессы аммонификации,

при которых идет разложение органических соединений. На процессы аммонификации вредное действие оказывают засоленные почвы и, наоборот, известкование увеличивает аммонификацию.

Нитрификация – процесс перехода соединений азота в нитратную форму. Этот процесс двухфазный. Первая фаза – переход аммиака в нитрат при участии нитрозных микробов. Вторая фаза – переход нитритов в нитраты. На процесс нитрификации влияют количество органических веществ, температура, влажность, химический и механический состав почвы. Существуют определенные пределы температуры, влажности почвы и количества органического вещества, при которых наиболее интенсивно идет указанный процесс.

Процессы обратные нитрификации – денитрификация и редукция. При денитрификации нитраты восстанавливаются до N_2O , NO и нитритов. Редукция ведет к восстановлению нитратов через нитриты до NH_3 . Оба процесса – денитрификация и редукция – идут бактериологическим и химическим путями.

Аналогичные процессы образования нитратов и их восстановления имеют место в гидросфере и особенно на дне океанов и морей. Нитраты являются довольно распространенными соединениями гидросферы.

В водах рек и озер в том или ином количестве обязательно присутствие NO_3 . Так, например, в водах р. Камы имеется до $0,5 \text{ мг/л}$, в водах ее притока Пермь до $12,95 \text{ мг/л}$, в водах реки Или (Туркестан) $0,45$, реки Каратала – $0,06$. Рейн в зависимости от времени года в своих водах содержит от 0 до 4 мг/л , воды реки Майна – от 0 до 29 мг/л . В водах реки Кашка-Дарья (Узбекская ССР) найдено $1,735 \text{ мг/л } NO_3$, а в водах Фирюзы Туркменская ССР $0,6-0,7 \text{ мг/л}$ (10). Воды рек выносят нитраты в моря и озера.

В водах озер имеются всегда многочисленные формы соединений азота. В табл. 3 приведены данные количественного содержания нитратов (и аммиака) в некоторых озерах.

Таблица 3

Содержание нитратов (и аммиака) в озерных водах
(в мг на 1 л)

Место взятия пробы	Гидрохимическая фация	NO_3	NH_3	Cl	SO_4
Озеро Балхаш	$SO_4-Cl-Na$	1,2	0,05	995,7	1262,3
Мичиган	$HCO_3-Ca-SiO_2$	0,307	–	2,73	7,26
Гурон	$HCO_3-Ca-SiO_2$	0,41	–	2,62	6,23
Эри	$HCO_3-Ca-SO_4$	0,306	–	8,75	13,07

Общее количество нитратов в морской воде не превышает $0,6-0,7 \text{ мг/л}$ (5). Обыкновенно оно гораздо ниже и уменьшается с удалением от берегов, особенно от устьев крупных рек. В открытом море количество азота нитратов редко доходит до $0,01 \text{ мг/л}$. В верхних слоях воды, благодаря усиленному потреблению нитратов хлорофитонными растениями, его содержание нередко понижается до 0. В большинстве случаев в морях и океанах с глубиной ниже области распространения хлорофитонных растений наблюдается некоторое увеличение количества нитратов (табл. 4).

Повышение содержания нитратов с глубиной в морях обязано разложению органических веществ – трупов и других органических остатков, падающих на дно. Исключения представляют такие моря, как Черное, где в придонных слоях преобладает восстановительная среда, а поэтому характерными являются процессы денитрификации и редукции (табл. 5).

Данные об изменении содержания нитратов в одной из бухт Черного моря по месяцам и глубинам в 1952–1953 гг. приведены у

Таблица 4

Содержание нитратов и аммиака в океанах
(в мг на 1 м^3)

Океаны	Глубина в м	Азот нитратов	Азот аммиака
Атлантический	0	0,102	0,047
	400	0,367	0,044
	800	0,538	0,051
Тихий	0	0,069	0,046
	400	0,156	0,039
	800	0,360	0,040
Индийский	0	0,119	0,052
	400	0,311	0,052
	800	0,467	0,042

Таблица 5

Распределение азота нитратов и аммиака в Черном море
(в мг на 1 м^3)

Глубина в м	Азот нитратов			Азот аммиака		
	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее
0	0,119	0,044	0,071	0,08	0,040	0,069
50	0,145	0,072	0,099	0,08	0,032	0,053
100	0,140	0,049	0,084	0,121	0,032	0,078
150	0,127	0,091	0,105	–	–	–
200	0,153	0,044	0,086	0,291	0,162	0,225
300	0,028	0	0,08	0,452	0,315	0,366
500	0	0	0	0,824	0,598	0,722
1000	0	0	0	1,139	0,929	1,079
1500	0	0	0	1,260	1,002	1,117
2000	0	0	0	1,462	1,099	1,262

М. А. Добржанской (3). Аммонийный азот, связанный с процессами распада органического вещества, отмечен для больших глубин морских осадков (4), о чем свидетельствует табл. 6.

Таблица 6

Содержание аммонийного азота в грунтовых растворах Берингова моря

Глубина в м	Аммонийный азот в мг/л
0–150	3,6–145
1000	0,92–23,4
2000	1,6–7,1
3000	0,24–31,8

В подземных водах нитраты представляют соединения, захваченные этими водами при миграции из различных участков земной коры. Как пример подземных вод, содержащих NO_3 , NO_2 и NH_3 , можно привести подземные воды Европейской части СССР (табл. 7).

Таблица 7

Содержание соединений азота в подземных водах европейской части СССР

(в мг/л)
(по А. Н. Семихатову, 1934)

Воды	NO_2	NO_3	NH_3
Каспийских отложений	11,88	0,018	–
Послеэретичных отложений	21,39	0,42	1,0
Третичных отложений	36,74	0,18	1,25
Меловых	172,23	0,36	2,3
Юрских	32,15	43,10	0,4
Пермских	120,56	0,06	0,5
Каменноугольных отложений	1,72	13,07	5,0
Девонских отложений	57,44	0,12	430

В табл. 7 дано предельное для этих вод содержание соединений азота, количество которых колеблется от 0 до указанных величин (111).

Источники и ключи также имеют в своих водах нитраты (10) (табл. 8).

Таблица 8

Содержание азота в водах источников в мг/л

Породы, из которых вытекают источники	Органический	Аммиачный	Нитратов и нитритов	Хлор
Гранит	0,08	0,01	1,0	16
Доломит	0,38	0,02	16,8	34
Красный песчаник	0,17	0,01	3,3	21
Мел	0,10	0,01	3,8	24
Песок	0,19	0,01	3,5	27
Делювий на горной террасе	–	0,01	17,4	–

Из приведенных данных вытекает, что нитраты распространены во всех типах поверхностных и подземных вод. Однако их количество в обычных природных условиях невелико. Оно значительно увеличивается в населенных пунктах, где сказывается загрязнение. Здесь содержание нитратов в грунтовых водах достигает таких пределов, что образуется новая, необычная для грунтовых вод гидрохимическая формация – нитратная (8), представленная несколькими гидрохимическими фациями. Так, например, значительное содержание нитратного иона установлено более чем в десяти колодцах города Молотова (в зоне преобладания HCO_3 –Ca гидрохимических фаций), причем оно изменялось в пределах от 16,03 до 458,8 мг/л. Здесь имелись следующие гидрохимические фации грунтовых вод (табл. 9).

Очень высокое содержание нитратов наблюдается и в других районах (1, 6, 7, 9, 11, 12). При этом во всех случаях появление в грунтовых водах коры выветривания наибольшей концентрации нитратов связано с загрязнением.

Таблица 9

Содержание нитратов в грунтовых водах г. Молотова (в мг/л)

(по М. Г. Обориной)

Гидрохимическая фация	Сухой остаток в мг/л	NO_3	NO_2	NH_3	Cl	SO_4
NO_3 –Ca–Cl	1344,8	458,8	–	0,255	200,8	77,65
NO_3 – HCO_3 –Ca	1976,0	424,72	26,28	12,6	140,0	200,6
NO_3 –Cl– HCO_3	1610,4	318,4	2,16	0,288	277	124,8
NO_3 – SO_4 – HCO_3	808,8	154,8	0,914	0,169	48	102,07
NO_3 – SO_4 –Ca	799,2	114,6	следы	0,742	23	128,69
Cl– NO_3 –Ca	2261,6	367,12	3,284	1,350	374	218,15
SO_4 –Cl–Ca	2523,2	244,0	4,928	0,856	344	393,6
HCO_3 –Cl–Ca	2643,2	127,32	1,232	0,418	430	248,33
HCO_3 – SO_4 –Ca	1228,0	90,33	нет	0,771	95	130,06
SO_4 –Ca– HCO_3	616,0	71,123	следы	0,116	74	197,84
Cl–Na– SO_4	1716	68,62	следы	2,751	465	200,86
HCO_3 – SO_4 –Ca	1869,6	17,18	2,464	75,62	294	354,15
HCO_3 –Ca–Cl	768	16,03	следы	0,500	68	62,56
HCO_3 –Ca– SO_4	2008,8	нет	0,48	1,376	217	189,3

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева Л. В. Геоморфология и грунтовые воды юго-западной части города.: Молотова. Доклады научной конференции Молотовского университета, стр. 1–4, 1946.
2. Диатропов П. Н. К вопросу о грунтовом водоснабжении г. Москвы. «Московский журнал» № 3, 1922.
3. Добржанская М. А. О нитратах в Черном море. ДАН СССР, т. 9, стр. 61–64, 1954.
4. Зайцева Е. Д. Вертикальное распределение биогенных элементов в грунтовых растворах Берингова моря. ДАН СССР, т. 99, № 2, стр. 289–291, 1954.
5. Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод. Соединения азота, стр. 269–282, 1938.
6. Котлов Ф. В. Культурный слой г. Москвы и его инженерно-геологическая характеристика. Очерки гидр. и инженер. геологии Москвы и ее окрестностей, стр. 92–94, 1947.
7. Максимович Г. А. Актайско-Талицкий район. Уч. зап. Пермского ун-та, т. II, вып. 3, стр. 263, 1936.
8. Максимович Г. А. Гидрохимические фации грунтовых вод и их зональность. ДАН СССР, т. 56, № 6, стр. 625–628, 1947.
9. Орлов С. С. Грунтовые воды Москвы. Изд. Гигиен. ин-та Московского ун-та, 1905.
10. Селяков С. Н. Нитратно-хлоридные солончаки и месторождения селитры Средней Азии. Труды Почв. ин-та АН СССР, т. 22, вып. 2, стр. 5–21, 1941.
11. Семихатов А. Н. Подземные воды СССР, ч. 1, 1934.
12. Сомов Е. И. Геологическое строение северной части Ярославской области. Труды Московского геологического управления, вып. 31, стр. 47, 1939.
13. Хецров И. Р. Артезианские и грунтовые воды Москвы. 130 стр., 1937.

СОДЕРЖАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА В ПОВЕРХНОСТНЫХ
И ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ.

Е. А. Кротова и Г. А. Максимович

В двадцатикилометровой толще земной коры имеется 10^{15} — 10^{16} тонн азота. Однако распределение его неравномерно. Выделяются некоторые поля скопления и рассеивания азота. Одним из полей скопления является воздушная оболочка. Здесь азот в основном представлен свободным газом. Другое поле — биосфера — содержит большое количество связанных форм соединений азота. И, наконец, третье поле — кора выветривания и почвы — может считаться областью наибольшего скопления нитратных соединений.

Главным источником скопления нитратов в земной коре, в частности в коре выветривания, служат многочисленные процессы химического и биологического порядка. В основном выделяют два главных вида процессов: 1) процессы перехода свободного азота в связанные формы и 2) процессы превращения связанных форм азота. К процессам перехода свободного азота в связанные формы химическим путем относится образование окислов азота и аммиака под влиянием атмосферного электричества. Образовавшиеся в атмосфере окислы азота и аммиака попадают в почву с атмосферными осадками. Концентрация нитратов в водах редких и слабых дождей больше, чем в частых и обильных. Некоторое представление о количестве нитратов и аммиака, выпавших с атмосферными осадками, дает таблица 1 (10).

Таблица 1
Количество NH_3 и NO_3 , выпадающих с атмосферными осадками на 1 га
(в кг азота в год).

Область, станция	Количество атмосферных осадков в мм	NH_3	NO_3	Всего
Украина (Плотянская оп. ст.) . . .	—	4,2	0,2	4,4
Украина (Шатиловская оп. ст.) . . .	—	—	—	14,67
Англия (Ротамстедская ст.)	691	3,0	1,3	4,3
Франция (Монсури)	547	11,6	3,6	15,2
Германия (Реген ст.)	577	12,0	3,7	15,7
Дания	756	5,3	2,7	8,0
Италия (Флоренция)	973	9,7	3,5	13,2
Америка (Канзас)	747	2,9	1,2	4,1
Япония (Пишигатнера)	1640	13,2	3,5	16,7

Биологический процесс фиксации свободного азота выполняется различными азотфиксирующими микроорганизмами. При этом продукты их деятельности не дают непосредственно нитратных соединений, а представляют материал для возникновения нитратов тем или иным путем.

Вторая группа процессов — превращение связанных форм азота, — осуществляемых также химически и биологически, характерна для биосферы (геосфера), почвы, коры выветривания и гидросферы.

В биосфере азот находится главным образом в виде сложных соединений, которые при своей минерализации в конечном счете дают нитраты.

Кора выветривания и особенно почвенный покров, как уже было отмечено, являются главными полями скопления нитратов. В почве азот находится в виде минеральных и органических соединений. Минеральные соединения представлены: 1) нитратами, 2) нитритами, 3) аммонийными солями, 4) солями комплексного типа. Органические: 1) компонентами гумуса, 2) неразложившимися растительными и животными остатками, 3) организмами, находящимися в почве.

Общее количество азота и, в частности, его нитратных соединений для различных почв различно (табл. 2) (10).

Таблица 2

Содержание органического, аммиачного и нитратного азота в почвах (в кг на га).

П о ч в ы	Органиче- ский азот	Аммиачный азот	Нитрат- ный азот
В слое 18 см			
Чернозем (Воронеж)	10492	42	62
Серая лесная почва (Орел)	5246	21	16
Подзолистая почва	4192	146	20
Дерново-подзолистая почва (Ленинград)	1888	42	18
В слое 20 см			
Почва на сланцах (Зап. Европа)	5601,9	29,19	271,5
Почва на граувакке	4234,7	19,18	435,2
Почва на гнейсе (Зап. Европа)	5754,6	27,3	467,8
Почва на зеленокаменных породах	6263,5	89,4	521,6

Это зависит как от наличия или отсутствия растительного покрова, характера растительности и почвы, так и от процессов превращения соединений азота. К ним относятся аммонификация, нитрификация и денитрификация, протекающие микробиологическим и химическим путем.

Основным источником, поставляющим нитраты в почву, кроме притока окислов азота из атмосферы, являются процессы нитрификации химического и микробиологического типа. Все другие превращения азота можно отнести к вспомогательным, усиливающим или ослабляющим, а иногда и совсем прекращающим процессы нитрификации. К благоприятно влияющим на нитрификацию относятся процессы аммонификации, при которых идет разложение органических соединений. На процессы аммонификации вредное действие оказывают засоленные почвы и, наоборот, известкование увеличивает аммонификацию.

фор
трап
в н
вещ
поч
вы
но и

При
тов.
Оба
и хи

име
явля

стви
ее п
реки
соде
реки
Фир
трат

азота
тов (

Мес

Озеро

•
•
•

С
0,7 м

от бе
азота
даря
его с
рях и
ных
(табл

П
женик
падак
где в
харак
Д
ного

Нитрификация — процесс перехода соединений азота в нитратную форму. Этот процесс двухфазный. Первая фаза — переход аммиака в нитрат при участии нитрозных микробов. Вторая фаза — переход нитритов в нитраты. На процесс нитрификации влияют количество органических веществ, температура, влажность, химический и механический состав почвы. Существуют определенные пределы температуры, влажности почвы и количества органического вещества, при которых наиболее интенсивно идет указанный процесс.

Процессы обратные нитрификации — денитрификация и редукция. При денитрификации нитраты восстанавливаются до N_2O , NO и нитритов. Редукция ведет к восстановлению нитратов через нитриты до NH_3 . Оба процесса — денитрификация и редукция — идут бактериологическим и химическим путями.

Аналогичные процессы образования нитратов и их восстановления имеют место в гидросфере и особенно на дне океанов и морей. Нитраты являются довольно распространенными соединениями гидросферы.

В водах рек и озер в том или ином количестве обязательно присутствие NO_3 . Так, например, в водах р. Камы имеется до $0,5$ мг/л, в водах ее притока Пермьки до $12,95$ мг/л, в водах реки Или (Туркестан) $0,45$, реки Каратала — $0,06$. Рейн в зависимости от времени года в своих водах содержит от 0 до 4 мг/л, воды реки Майна — от 0 до 29 мг/л. В водах реки Кашка-Дарья (Узбекская ССР) найдено $1,735$ мг/л NO_3 , а в водах Фирюзы (Туркменская ССР) $0,6—0,7$ мг/л (10). Воды рек выносят нитраты в моря и озера.

В водах озер имеются всегда многочисленные формы соединений азота. В табл. 3 приведены данные количественного содержания нитратов (и аммиака) в некоторых озерах.

Таблица 3

Содержание нитратов (и аммиака) в озерных водах

(в мг на 1 л)

Место взятия пробы	Гидрохимическая фация	NO_3	NH_3	Cl	SO_4
Озеро Балхаш	$SO_4 - Cl - Na$	1,2	0,05	995,7	1262,3
" Мичиган	$HCO_3 - Ca - SiO_2$	0,307	—	2,73	7,26
" Гурон	$HCO_3 - Ca - SiO_2$	0,41	—	2,62	6,23
" Эри	$HCO_3 - Ca - SO_4$	0,306	—	8,75	13,07

Общее количество нитратов в морской воде не превышает $0,6—0,7$ мг/л (5). Обыкновенно оно гораздо ниже и уменьшается с удалением от берегов, особенно от устьев крупных рек. В открытом море количество азота нитратов редко доходит до $0,01$ мг/л. В верхних слоях воды, благодаря усиленному потреблению нитратов хлорофилоносными растениями, его содержание нередко понижается до 0 . В большинстве случаев в морях и океанах с глубиной ниже области распространения хлорофилоносных растений наблюдается некоторое увеличение количества нитратов (табл. 4).

Повышение содержания нитратов с глубиной в морях обязано разложению органических веществ — трупов и других органических остатков, падающих на дно. Исключение представляют такие моря, как Черное, где в придонных слоях преобладает восстановительная среда, а поэтому характерными являются процессы денитрификации и редукции (табл. 5). Данные об изменении содержания нитратов в одной из бухт Черного моря по месяцам и глубинам в 1952—1953 гг. приведены у

Таблица 4

Содержание нитратов и аммиака в океанах
(в мг на 1 м³)

Океаны	Глубина в м	Азот нитратов	Азот аммиака
Атлантический	0	0,102	0,047
"	400	0,367	0,044
"	800	0,538	0,051
Тихий	0	0,069	0,046
"	400	0,156	0,039
"	800	0,360	0,040
Индийский	0	0,119	0,052
"	400	0,311	0,052
"	800	0,467	0,042

Таблица 5

Распределение азота нитратов и аммиака в Черном море
(в мг на 1 м³)

Глубина в м	Азот нитратов			Азот аммиака		
	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее
0	0,119	0,044	0,071	0,08	0,040	0,069
50	0,145	0,072	0,099	0,08	0,032	0,053
100	0,140	0,049	0,084	0,121	0,032	0,078
150	0,127	0,091	0,105	—	—	—
200	0,153	0,044	0,086	0,291	0,162	0,225
300	0,028	0	0,08	0,452	0,315	0,366
500	0	0	0	0,824	0,598	0,722
1000	0	0	0	1,139	0,929	1,079
1500	0	0	0	1,260	1,002	1,117
2000	0	0	0	1,462	1,099	1,262

М. А. Добржанской (3). Аммонийный азот, связанный с процессами распада органического вещества, отмечен для больших глубин морских осадков (4), о чем свидетельствует табл. 6.

Таблица 6

Содержание аммонийного азота в грунтовых
растворах Берингова моря

Глубина в м	Аммонийный азот в мг/л
0 — 150	3,6 — 145
1000	0,92 — 23,4
2000	1,6 — 7,1
3000	0,24 — 31,8

В подземных водах нитраты представляют соединения, захваченные этими водами при миграции из различных участков земной коры. Как пример подземных вод, содержащих NO₃, NO₂ и NH₃, можно привести подземные воды Европейской части СССР (табл. 7).

Таблица 7

Содержание соединений азота в подземных водах европейской части СССР

(в мг/л)
(по А. Н. Семихатову, 1934)

Воды	NO ₃	NO ₂	NH ₃
Каспийских отложений . .	11,88	0,018	—
Послетретичных отложений	21,39	0,42	1,0
Третичных отложений . .	36,74	0,18	1,25
Меловых	172,23	0,36	2,3
Юрских	32,15	43,10	0,4
Пермских	120,56	0,06	0,5
Каменноугольных отложений	1,72	13,07	5,0
Девонских отложений	57,44	0,12	430

В табл. 7 дано предельное для этих вод содержание соединений азота, количество которых колеблется от 0 до указанных величин (11).

Источники и ключи также имеют в своих водах нитраты (10) (табл. 8).

Таблица 8

Содержание азота в водах источников в мг/л

Породы, из которых вытекают источники	Органический	Аммиачный	Нитратов и нитритов	Хлор
Гранит	0,08	0,01	1,0	16
Доломит	0,38	0,02	16,8	34
Красный песчаник	0,17	0,01	3,3	21
Мел	0,10	0,01	3,8	24
Песок	0,19	0,01	3,5	27
Делювий на горной террасе	—	0,01	17,4	—

Из приведенных данных вытекает, что нитраты распространены во всех типах поверхностных и подземных вод. Однако их количество в обычных природных условиях невелико. Оно значительно увеличивается в населенных пунктах, где сказывается загрязнение. Здесь содержание нитратов в грунтовых водах достигает таких пределов, что образуется новая, необычная для грунтовых вод гидрохимическая формация — нитратная (8), представленная несколькими гидрохимическими фациями. Так, например, значительное содержание нитратного иона установлено более чем в десяти колодцах города Молотова (в зоне преобладания HCO₃—Ca гидрохимических фаций), причем оно изменялось в пределах от 16,03 до 458,8 мг/л. Здесь имелись следующие гидрохимические фации грунтовых вод (табл. 9).

Очень высокое содержание нитратов наблюдается и в других районах (1, 6, 7, 9, 11, 12). При этом во всех случаях появление в грунтовых водах коры выветривания наибольшей концентрации нитратов связано с загрязнением.

Таблица 9

Содержание нитратов в грунтовых водах г. Молотова (в мг/л)
(по М. Г. Обориной)

Гидрохимическая фация	Сухой остаток в мг/л	NO ₃	NO ₂	NH ₃	Cl	SO ₄
NO ₃ -Ca-Cl	1344,8	458,8	—	0,255	200,8	77,65
NO ₃ -HCO ₃ -Ca	1976,0	424,72	26,28	12,6	140,0	200,6
NO ₃ -Cl-HCO ₃	1610,4	318,4	2,16	0,288	277	124,8
NO ₃ -SO ₄ -HCO ₃	808,8	154,8	0,914	0,169	48	102,07
NO ₃ -SO ₄ -Ca	799,2	114,6	следы	0,742	23	128,69
Cl-NO ₃ -Ca	2261,6	367,12	3,284	1,350	374	218,15
SO ₄ -Cl-Ca	2523,2	244,0	4,928	0,856	344	393,6
HCO ₃ -Cl-Ca	2643,2	127,32	1,232	0,418	430	248,33
HCO ₃ -SO ₄ -Ca	1228,0	90,33	нет	0,771	95	130,06
SO ₄ -Ca-HCO ₃	616,0	71,123	следы	0,116	74	197,84
Cl-Na-SO ₄	1716	68,62	следы	2,751	465	200,86
HCO ₃ -SO ₄ -Ca	1869,6	17,18	2,464	75,62	294	354,15
HCO ₃ -Ca-Cl	768	16,03	следы	0,500	68	62,56
HCO ₃ -Ca-SO ₄	2008,8	нет	0,48	1,376	217	189,3

Кафедра динамической геологии и гидрогеологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубева Л. В. Геоморфология и грунтовые воды юго-западной части города Молотова. Доклады научной конференции Молотовского университета, стр. 1—4, 1946.
2. Диатропов П. Н. К вопросу о грунтовом водоснабжении г. Москвы. «Московский журнал» № 3, 1922.
3. Добрянская М. А. О нитратах в Черном море. ДАН СССР, т. 9, стр. 61—64, 1954.
4. Зайцева Е. Д. Вертикальное распределение биогенных элементов в грунтовых растворах Берингова моря. ДАН СССР, т. 9, № 2, стр. 289—291, 1954.
5. Книпович Н. М. Гидрология морей и солоноватых вод. Соединения азота, стр. 269—282, 1938.
6. Котлов Ф. В. Культурный слой г. Москвы и его инженерно-геологическая характеристика. Очерки гидр. и инженер. геологии Москвы и ее окрестностей, стр. 92—94, 1947.
7. Максимович Г. А. Актайско-Талицкий район. Уч. зап. Пермского ун-та, т. II, вып. 3, стр. 263, 1936.
8. Максимович Г. А. Гидрохимические фации грунтовых вод и их зональность. ДАН СССР, т. 56, № 6, стр. 625—628, 1947.
9. Орлов С. С. Грунтовые воды Москвы. Изд. Гигиен. ин-та Московского ун-та, 1905.
10. Селяков С. Н. Нитратно-хлоридные солончаки и месторождения селитры Средней Азии. Труды Почв. ин-та АН СССР, т. 22, вып. 2, стр. 5—21, 1941.
11. Семихатов А. Н. Подземные воды СССР, ч. 1, 1934.
12. Сомов Е. И. Геологическое строение северной части Ярославской области. Труды Московского геологического управления, вып. 31, стр. 47, 1939.
13. Хецров И. Р. Артезианские и грунтовые воды Москвы. 130 стр., 1937.