

Г. Н. БАТУРИН

УРАН В ИЛОВЫХ РАСТВОРАХ ОСАДКОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ АТЛАНТИКИ

(Представлено академиком Н. М. Страховым 18 V 1970)

Поведение малых элементов в иловых растворах морских и океанических осадков представляет значительный интерес для понимания ряда сторон геохимии диагенеза и последующих геологических процессов. Уран в этом отношении изучен слабо, и опубликованные работы о его концентрации в иловых растворах отсутствуют.

Нами выполнены определения этого элемента в иловых растворах из ряда колонок осадков, полученных в Юго-Восточной Атлантике в 3-м рейсе исследовательского судна «Академик Курчатов» (1968 г.).

Отделение иловых растворов из осадков производили сразу же после извлечения проб из грунтовых трубок при давлении в среднем до 70 атм. по методике, принятой в Институте океанологии АН СССР (¹). Одновременно замеряли рН, *Eh* и определяли влажность осадков. Растворы консервировали и анализировали на уран после окончания рейса в стационарной лаборатории химико-люминесцентным методом. Результаты определений урана рН, *Eh* и влажности приведены в табл. 1.

Содержание урана в иловых растворах исследованных осадков колеблется от 1,3 до 650 мкг/л, т. е. в пределах трех порядков. В большинстве случаев оно значительно выше, чем в океане. В водах Юго-Восточной Атлантики уран распределяется равномерно, и его содержание составляет, по нашим данным, 3,2 мкг/л, т. е. не отличается от значений, приводившихся для Северной Атлантики, а именно 3,3 мкг/л (²). В иловых растворах из осадков различных типов пределы колебаний концентрации урана составляют: в красных глубоководных глинах 2,6—13 мкг/л, в терригенных глинистых илах континентального склона 4,4—65 мкг/л, в шельфовых диатомовых илах 1,3—650 мкг/л.

Таким образом, наиболее высокие содержания урана отмечаются (наряду с низкими) в иловых растворах из диатомовых илов шельфа Юго-Западной Африки, для которых характерны: интенсивная сульфат-редукция с выделением H_2S в придонную воду, обогащение органическим веществом (до 10—14% $C_{орг}$), фосфором (до 0,3% Р) и ураном (до $2-6 \cdot 10^{-3}\%$) (³⁻⁵). В терригенных глинистых илах и особенно в красных глубоководных глинах содержание $C_{орг}$, Р и U значительно ниже (до 1—2% $C_{орг}$, порядка 0,1% Р и $n \cdot 10^{-4}\%$ U). Тем не менее, в иловых растворах этих осадков содержание урана в ряде случаев также достигает высоких значений (13 мкг/л в красных глинах и 65 мкг/л в терригенных илах).

Влажность осадков, меняющаяся от 51 до 88%, не оказывает влияния на содержание урана в иловых растворах. Значения окислительно-восстановительного потенциала колеблются в широких пределах — от +400 до +500 мВ в окисленных красных глинах до —200 мВ (в одном случае — 330 мВ) в восстановленных осадках шельфа и континентального склона. Активная реакция (рН) изученных осадков меняется от 7,10 до 8,06. В ряде случаев (например, в диатомовых илах — колонки №№ 140, 153, 157) содержание урана в иловых растворах возрастает в соответствии с увеличением значений рН и *Eh* в вертикальном разрезе осадков, что свидетельствует о контролирующем значении этих факторов. Однако в целом

Таблица 1

Содержание урана в иловых растворах осадков Юго-Восточной Атлантики

Горизонт, см	Тип осадка	Влаж- ность осадка, %	U в ило- вом раств., мг/л	pH	Eh, мв
Колонка № 87, 10°56'6" ю. ш., 5°57'5" в. д., глубина 5300 м					
5—33	Красная глубоководная глина	71,5	4,4	7,45	+527
70—86	То же	77,1	2,6	7,53	+437
Колонка № 185, 19°55'8" ю. ш., 1°03'0" з. д., глубина 5470 м					
28—44	Красная глубоководная глина	68,4	13	7,70	+462
90—105	То же	64,3	2,6	7,70	+457
170—192	» »	60,7	2,6	7,72	+424
Колонка № 101, 14°01'0" ю. ш., 41°59'7" в. д., глубина 2570 м					
21—39	Ил глинистый зеленовато-серый с запахом H ₂ S	57,2	4,4	7,35	—330
126—142	Ил глинистый темно-серый	57,6	19	7,50	— 78
218—233	То же	55,4	6,5	7,24	—103
332—350	» »	54,7	13	7,17	—168
Колонка № 137, 16°57'8" ю. ш., 11°04'1" в. д., глубина 1860 м					
35—50	Ил глинистый зеленовато-серый с запахом H ₂ S	53,9	65	7,69	— 93
131—145	То же	56,7	65	7,73	— 65
226—241	» »	52,3	44	7,47	—145
283—297	» »	51,2	13	7,64	—140
Колонка № 140, 19°38'6" ю. ш., 12°35'0" в. д., глубина 120 м					
0—10	Ил диатомовый с мелкой ракушкой, с запахом H ₂ S	86,7	13	7,34	—203
10—25	То же	81,6	6,5	7,47	—203
56—76	» »	80,0	13	7,39	—193
114—134	» »	78,1	65	7,50	—186
Колонка № 153, 22°43'2" ю. ш., 14°10'6" в. д., глубина 105 м					
0—10	Ил диатомовый с запахом H ₂ S	88,3	1,3	7,28	—233
60—75	То же	82,6	6,5	7,55	—218
155—165	» »	72,9	65	7,79	—190
205—218	» »	73,9	96	7,90	—128
245—260	» »	67,2	260	8,06	+ 27
Колонка № 157, 22°28' ю. ш., 14°14'0" в. д., глубина 75 м					
0—25	Ил диатомовый с запахом H ₂ S	86,3	65	7,26	—203
85—100	То же	77,8	190	7,51	—163
145—160	» »	76,0	90	7,93	—178
205—218	» »	62,3	650	7,95	— 43

по всем пробам корреляция между содержанием урана, pH и Eh отсутствует ($r \leq 0,1$), что, очевидно, объясняется резкими различиями литологического состава рассматриваемых осадков.

Интересно отметить, что на графике равновесия между осажденным $U(OH)_4$ и растворенным ураном морской воды в зависимости от pH и Eh (⁶) замеренные нами значения pH и Eh в ряде случаев соответствуют полю $U(OH)_4$, т. е. располагаются ниже кривой равновесия между растворенным и осажденным ураном. Частично это может быть связано с тем, что расчет равновесных форм урана производился без учета коэффициентов активности и кривая равновесия должна быть смещена несколько ниже относительно оси Eh (⁶).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что уже в процессе раннего диагенеза осадков уран переходит в иловые растворы, где его концентрация может быть в десятки и сотни раз выше, чем в морской воде. Учи-

тывая наличие значительных градиентов концентраций, следует сделать вывод, что уран в иловых растворах подвижен и потенциально способен перераспределяться в вертикальном и горизонтальном направлениях. Косвенные признаки такого перераспределения и диагенетического накопления урана на органических компонентах были обнаружены нами ранее при исследовании колонок осадков Черного и Средиземного морей (⁷). Увеличение концентрации урана по вертикальному разрезу в восстановленных осадках показывает, что диффузия урана в придонную воду, имеющая, видимо, место в окисленных пелагических осадках (⁸), отсутствует в терригенных и диатомовых илах шельфа и континентального склона. О том же свидетельствуют данные по распределению урана в зараженной сероводородом водной толще Черного моря, где при pH 7,5—7,6 и *Eh* около —200 мв происходит не диффузия урана из осадков в воду, а, напротив, сорбционный переход растворенного урана в осадки из придонной воды, в которой его концентрация уменьшается с 3 до 0,4 мкг/л (⁹).

В иловых растворах при таких же и даже более низких значениях pH и *Eh* наблюдаются концентрации урана на 2—3 порядка выше. Возможно, что это связано с наличием растворенных урано-органических комплексов, образованию которых способствует значительное обогащение исследованных иловых растворов различными компонентами органического вещества (¹⁰).

Институт океанологии им. П. П. Ширшова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
2 IV 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. В. Шишкина, Тр. Инст. океанол., 17 (1956). ² J. D. Wilson, R. K. Webster et al., Anal. chim. acta, 23, № 6 (1960). ³ И. К. Авилон, Д. Е. Гершанович, Бюлл. МОИП, отд. геол., 22, 4 (1967). ⁴ Г. Н. Батуриц, ДАН, 189, № 6 (1969). ⁵ Г. Н. Батуриц, А. В. Коченов, Ю. М. Сеин, Геохимия, № 4 (1971). ⁶ Г. Б. Наумов, А. В. Коченов и др., В кн.: Основные черты геохимии урана, Изд. АН СССР, 1963. ⁷ Г. Н. Батуриц, А. В. Коченов, К. М. Шимкус, Геохимия, № 1 (1967). ⁸ T. L. Ku, J. Geophys. Res., 70, 3457 (1965). ⁹ Г. Н. Батуриц, А. В. Коченов, С. А. Ковалева, ДАН, 166, № 3 (1966). ¹⁰ В. Е. Артемьев, Г. Н. Батуриц, Геохимия, № 10 (1969).