

УДК 551.35(262.54)

ГЕОХИМИЯ

И. А. АЛЕКСИНА

**БОР В ГЛИНИСТОЙ ФРАКЦИИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ  
АЗОВСКОГО МОРЯ**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 25 II 1971)

Изучение содержания бора в осадочных отложениях с целью установления зависимости от палеосолености бассейнов, в которых отлагались эти осадки, проводилось рядом исследователей (4, 5, 7, 11, 14, 16–18, 20, 22, 25, 26).

В настоящее время считается установленным фактом то, что при рассмотрении распределения бора по гранулометрическому профилю и типам осадков максимальные его концентрации приурочиваются к пелитовым фракциям и глинистым типам отложений. Отмечается, что обогащение бором крупных фракций осадков происходит за счет терригенных борсодержащих минералов, главным образом турмалина, тогда как в пелитовых фракциях это происходит за счет обогащения гидрослюдой (иллитом). При этом рассматривается как терригенный вынос связанного с гидрослюдой бора, так и адсорбция бора из морской воды с включением его в кристаллическую решетку гидрослюд (иллитов). На этом главном свойстве бора и основано определение палеосолености бассейнов.

В рурском карбоне (17, 18) морские глины характеризуются содержанием бора 90–120 г/т, тогда как пресноводные слои содержат только 15–45 г/т. Дегенс и др. (18) в отложениях Пенсильвании установили содержание в морских глинах 70–150 г/т, в солоноватоводных 80–140 г/т, в пресноводных 15–40 г/т. Эти градации, зависящие от солености бассейна, подтверждаются работами (5, 11).

В настоящее время изучено содержание бора в современных осадках Тихого и Атлантического океанов и ряда морей (4–7, 9, 12, 14, 21, 23). Поскольку Азовское море представляет собой небольшой, довольно замкнутый бассейн с постоянным источником сноса терригенного материала, было интересно проследить распределение бора в его отложениях.

Изучение голоценовых и верхнечетвертичных отложений Азовского моря позволило произвести как литологическое изучение, так и стратиграфическую разбивку вскрытых отложений (8). Изменение солености за изученный период времени хорошо отражала фауна сменявшихся бассейнов. Для того чтобы исключить влияние терригенного бора из крупных фракций отложений и иметь сопоставимый материал, на бор анализировалась глинистая фракция (< 0,001 мм), выделенная из донных отложений. Определение бора проведено количественным спектральным методом в Научно-исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран под руководством З. И. Бурилиной. Результаты анализа приведены в табл. 1 и на картах-схемах (рис. 1), где на каждой станции для соответствующего горизонта подсчитаны средние содержания.

Сравнение содержания бора во взвеси рек Дона и Кубани показало, что в Кубани оно несколько выше; это, по-видимому, связано с большим количеством в ней крупных фракций, включающих терригенные борсодержащие минералы. В глинистой фракции взвеси Дона содержание бора вдвое меньше по сравнению со взвесью в целом. Здесь эта связь с терригенными борсодержащими минералами алевритовой составляющей проявилась более наглядно и подтвердила еще раз необходимость — при установлении связи бора с соленостью бассейна — исследовать именно глинистую фракцию, а не осадок в целом.

Количественные содержания бора в лессовидных суглинках, если признавать их водно-ледниковое происхождение (2), позволяют предположить

их образование в водоемах с соленостью более низкой, чем в наиболее опресненном, новоэвксинском, но не в пресноводных.

Колебание средних содержаний бора по площади закономерно изменяется в зависимости от изменения поступления черноморских вод. Наиболее опресненному новоэвксинскому бассейну соответствуют и самые низкие средние содержания бора в морских терригенных отложениях (см. табл. 1). На севере (рис. 1а) хорошо выражена опресненная зона и пределы содержания бора в ней колеблются от 0,0071 до 0,0100%, тогда как в южной части моря, где имеет место приток соленых вод, они достигают 0,0100—0,0120%. По углубленному палеоруслу Дона более плотная соленая вода языком вклинивается в ингрессивный залив новоэвксинского моря. Черноморская трансгрессия, приведшая к смене ряда бассейнов, отложения которых вскрыты на акватории Азовского моря, происходила постепенно, вызывая осолонение бассейнов и изменение фауны в них. Параллельно смене солености идет и изменение средних содержаний бора (см. табл. 1). Как видно, границы бугазского и витязевского бассейнов увеличивались постепенно, колебания содержания бора в северной, наиболее опресненной, части составили 0,0070—0,0090%, а в южной части 0,0100—0,0160%, при росте среднего содержания.

Максимум Черноморской трансгрессии приходится в Азовском море на время отложения казантипских слоев, когда обильное поступление черноморских вод приводит к затоплению всей площади Азовского моря. Одновременно с этим увеличивается соленость вод, которая становится выше современной. Л. А. и Е. Н. Невесские (10) первые выделили по фауне казантипские слои в береговой полосе и колонках донных отложений южной части Азовского моря и указали на наличие этапа, когда соленость была выше современной. К такому же выводу пришла О. В. Шишкина (15), изучавшая солевой состав иловых вод в двух колонках Азовского моря. Полученными данными мы подтверждаем этот вывод для всего Азовского моря, причем не только фаунистическим комплексом, но и наивысшим содержанием в этих отложениях бора: 0,0139%. Как видно (рис. 1г), из горла Таганрогского залива поступала наиболее опресненная вода, и среднее содержание бора в осадке колеблется здесь от 0,0072 до 0,0090%; в северной и северо-западной частях, где еще значительны выносы пресных вод, это уже 0,0090—0,0110%. Полоса содержаний бора от 0,0110 до 0,0140% охватывает основную площадь моря в юго-западной, южной и восточной частях бассейна. Зоны максимальных содержа-

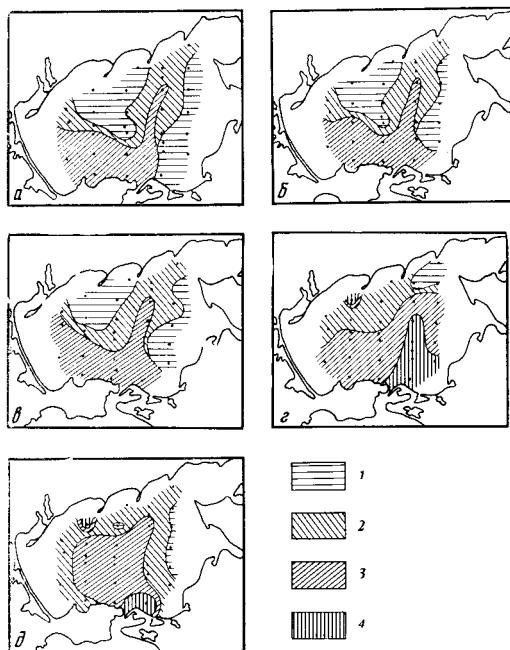


Рис. 1. Распределение бора в донных отложениях Азовского моря (%). а — новоэвксинские (1 — отсутствие данных отложений; 2 — 0,0071—0,0100; 3 — 0,0100—0,0120); б — бугазские (1 — отсутствие данных отложений; 2 — 0,0070—0,0100; 3 — 0,0100—0,0160); в — витязевские (1 — отсутствие данных отложений; 2 — 0,0070—0,0100; 3 — 0,0100—0,0160); г — казантипские (1 — 0,0072—0,0092; 2 — 0,0092—0,0110; 3 — 0,0110—0,0140; 4 — > 0,0140); д — новоазовские (1 — отсутствие данных отложений; 2 — 0,0092—0,0115; 3 — 0,0115—0,0140; 4 — > 0,0140)

(10) первые выделили по фауне казантипские слои в береговой полосе и колонках донных отложений южной части Азовского моря и указали на наличие этапа, когда соленость была выше современной. К такому же выводу пришла О. В. Шишкина (15), изучавшая солевой состав иловых вод в двух колонках Азовского моря. Полученными данными мы подтверждаем этот вывод для всего Азовского моря, причем не только фаунистическим комплексом, но и наивысшим содержанием в этих отложениях бора: 0,0139%. Как видно (рис. 1г), из горла Таганрогского залива поступала наиболее опресненная вода, и среднее содержание бора в осадке колеблется здесь от 0,0072 до 0,0090%; в северной и северо-западной частях, где еще значительны выносы пресных вод, это уже 0,0090—0,0110%. Полоса содержаний бора от 0,0110 до 0,0140% охватывает основную площадь моря в юго-западной, южной и восточной частях бассейна. Зоны максимальных содержа-

Содержание бора в глинистой фракции взвеси,

	Взвеси рек			Морские отложения			
	Кубань, взвесь	Дон		новоазовские	древнеазовские		
		извес	фр. 0,001 мм		1	2	3
Число проб (Σ 120)	1	1	1	33	20	12	9
Содержание В, % Пределы колебаний				0,0092—0,0160	0,0072—0,0240	0,0070—0,0160	0,0076—0,0160
Средние значения	0,0050	0,0040	0,0020	0,0118	0,0139	0,0119	0,0110
Среднее содержание гидрослюды			22,0	52,6	58,0	55,5	51,8
Среднее содержание Сопг в осадке в целом	1,11	2,08	—	1,65	0,85	0,82	0,96
Коэффициент корреляции между В и гидрослюдой ( $r$ )				0,90	0,68	0,92	0,55

Примечание. 1 — казантипские, 2 — витязевские, 3 — бугазские, 4 — средние значения  
7 — средние значения для

ний,  $>0,0150\%$ , примыкают к Керченскому проливу и углубленному палеоруслу Дона, по которому еще в казантипское время продолжает вторгаться более плотная соленая вода. Это позволяет предполагать, что древнее русло Дона ясно проявлялось в рельефе еще в казантипе.

Новоазовские отложения как по фауне, так и по падению содержания бора в их глинистых фракциях отражают ощрение Азова из-за ослабления связи с Черноморским бассейном (уменьшение притока вод через Керченский пролив) и роста влияния стока рек, поскольку к этому времени прибавился и сток Кубани. Распределение бора в осадке также меняется. В новоазовских отложениях повышенные содержания приурочиваются к центральной части бассейна, которую опоясывают отложения с меньшим содержанием (см. рис. 1d). Максимальные содержания тяготеют к Керченскому проливу, где происходит приток черноморских вод. Известно, что центральная часть бассейна обладает несколько повышенной соленостью <sup>(3)</sup> за счет поступления этих вод, тогда как вдоль прибрежных зон вода имеет пониженную соленость благодаря поступлению вод Дона и Кубани, разносимых круговым течением, идущим против часовой стрелки. Распределение бора хорошо это отражает. Только еще в одной точке в северо-западном углу у косы Обиточной наблюдается повышенное количество бора. Возможно, это связано с местным поступлением гидрослюды, вымываемой из засоленных отшнурованных от моря озер и лагун бывшей дельты р. Молочной <sup>(13)</sup>.

Для отложений Азовского моря также установлена закономерная связь между содержанием бора в глинистой фракции и количеством в ней гидрослюды (иллита). Коэффициенты корреляции ( $r$ ), вычисленные для морских отложений, подтверждают хорошую связь, понижаясь от 0,90 в новоазовских отложениях до 0,74 в древнеазовских и составляя 0,78 для новоэвксинских. Более детальное рассмотрение связи бора с глинистыми минералами рассматривается нами в статье, посвященной изучению глинистых минералов этих отложений <sup>(1)</sup>. Органическое вещество ( $C_{опт}$ ), определенное в отложениях в целом, не отражает прямой связи с бором,— она наблюдается лишь при повышенных содержаниях  $C_{опт}$  ( $>3\%$ ). Максимальные содержания  $C_{опт}$ , 4,17%, встречены в двух прослойках черного глинистого ила в новоэвксинских отложениях, где им соответствуют и аномально высокие для этих отложений содержания бора, 0,0250, тогда как содержания гидрослюды составили 52—56%.

Приведенные данные показывают, что на примере Азовского моря хо-

Морские отложения				Переходные отложения	Континентальные суглинки
4	5	6	7		
45	13	5	18	3	18
0,0070—0,0240	0,0070—0,0130	0,0130—0,0250	0,0070—0,0250	0,0070—0,0120	0,0062—0,0110
0,0128	, 0,0098	0,0189	0,0118	0,0098	0,0082
56,5	45,4	55,8	48,4	—	38,4
0,90	0,78	3,68	1,08	—	0,34
0,74	0,87	0,60	0,78	—	—

для древнеазовских, 5 — новоэвксинские терригенные, 6 — прослойки глинистых черных илов, новоэвксинских отложений.

ропо видны изменения содержаний бора в отложениях в зависимости от притока различных вод и выноса материала. К сожалению, нами не был исследован Темрюкский залив, где на дне имеет место спорадическая деятельность грязевых вулканов. Поэтому мы не можем прямо судить о влиянии этого источника на содержание бора в донных отложениях; имеющиеся же косвенные данные не позволяют считать, что этот источник имел значительное влияние на донные отложения Азовского моря.

При рассмотрении и сопоставлении распределения бора в донных отложениях совершенно неправомерно исходить из средних соленостей для бассейна в целом, поскольку это ни в коей мере не отвечает сущности сложного природного процесса, который находит свое прямое отражение в самих донных отложениях современных морей, а также подтверждается изучением древних осадочных отложений. Этот геохимический метод исследования, позволяющий подразделить толщу по содержанию бора на морские, солоноватоводные и пресноводные отложения, должен быть особенно перспективен для корреляции слоев, лишенных фауны.

Институт геологии и разработки горючих ископаемых

Поступило

4 I 1971

Москва

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> И. А. Алексина, Ю. М. Королев, З. П. Едигарян, Океанология, **12**, № 1 (1972). <sup>2</sup> Б. П. Булавин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3 (1970). <sup>3</sup> Е. Г. Виноградова, Тр. Всесоюзн. н.-и. инст. морск. рыбн. хоз. и океаногр., **31** (1955).
- <sup>4</sup> Л. А. Гуляева, ДАН, **60**, № 5 (1948). <sup>5</sup> Л. А. Гуляева, В. Н. Лыгалова, В сборн. Микроэлементы в каустобиолитах и осадочных породах, «Наука», 1965.
- <sup>6</sup> Ю. Н. Гурский, Автореф. кандидатской диссертации, М., 1969. <sup>7</sup> Э. Т. Дегенс, Геохимия осадочных образований, М., 1967. <sup>8</sup> З. П. Едигарян, И. А. Алексина, К. Н. Глазунова, Бюлл. комисс. по изуч. четвертичн. периода, № 37 (1970). <sup>9</sup> В. В. Красинцева, О. В. Шишкова, ДАН, **128**, № 4 (1959). <sup>10</sup> Л. А. Невесская, Е. Н. Невесский, ДАН, **136**, № 5 (1961).
- <sup>11</sup> Е. Я. Подолько, В сборн. Микроэлементы в каустобиолитах и осадочных породах, «Наука», 1965. <sup>12</sup> Ф. В. Сухоруков, Е. М. Емельянов, ДАН, **187**, № 5 (1969). <sup>13</sup> Д. И. Склиярук, Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР, 1969. <sup>14</sup> Г. Хардер, Геохимия бора, 1965. <sup>15</sup> О. В. Шишкова, Океанология, **1**, № 4 (1961). <sup>16</sup> T. D. Adams, J. R. Haupes, C. T. Walker, Sedimentology, **4** (1965). <sup>17</sup> R. Brinkmann, E. Degens, Naturwiss., **43** (1956).
- <sup>18</sup> E. T. Degens, E. G. Williams, M. L. Keith, Bull. Am. Assoc. Petroil. Geol., **41** (1957); **42** (1958). <sup>19</sup> W. Ernst, K. Krejci-Graf, H. Werner, Geochim. et cosmochim. acta, **14** (1958). <sup>20</sup> V. M. Goldschmidt, A. Peters, Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-Phys., 1932. <sup>21</sup> E. D. Goldberg, Arrhenius, Geochim. et cosmochim. acta, **13** (1958). <sup>22</sup> S. Landergren, Ark. Kemi. Min. Geol. **19A**, № 25 (1945). <sup>23</sup> S. Landergren, Topograph. et geol. profond. oceaniq., **83** (1959).
- <sup>24</sup> A. Lerman, Sedimentology, **6** (1966). <sup>25</sup> C. T. Walker, N. B. Price, Am. Assoc. Petroil., Geol. Bull., **47** (1963). <sup>26</sup> C. T. Walker, Am. Assoc. Petroil., Geol. Bull., **52**, № 5 (1968).