

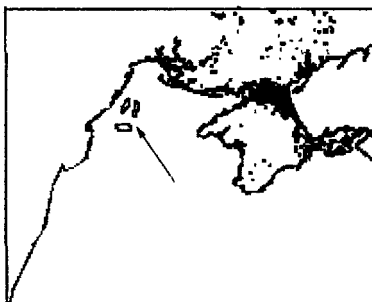
УДК 55(262.5):574.5

## ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РАЙОНАХ ПЕРСПЕКТИВНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ НА УКРАИНСКОМ ШЕЛЬФЕ ЧЕРНОГО МОРЯ

*Сторчак О.В., Мишенина Т.А., Никулин В.В.*

Данная работа написана по результатам исследования проб донных отложений, отобранных с борта НИС Одесского госуниверситета “Мечников” с помощью вибропоршневой трубки в районах локальных тектонических поднятий “Съездовское”, “Молодежное” и “Днестровское”, расположенных на северо-западном шельфе Черного моря.

В структурно-тектоническом отношении антиклинальные поднятия расположены на краю северо-восточного выступа Вилковского блока Килийско-Змеиноостровского поднятия, вблизи его границы с Крыловской впадиной Придобруджинского прогиба (рис. 1).



*Рис. 1. Схема расположения районов работ*

Полевые исследования на этих структурах проводились по профилям, простирающимся с юго-востока на юго-запад, скважины вибропоршневого бурения располагались по сетке с шагом 1 км.

Из керна отбирались две пробы: с поверхности дна и с глубины около 1 м. Дегазация проб осуществлялась непосредственно на борту судна после 12 часового отстоя герметически запакованной пробы, чем достигалось динамическое и температурное равновесие. Определение газового состава проводилось в наземных

условиях на газовом хроматографе “Цвет” с использованием стандартов. Концентрация металлов в пробах определялась на серийном атомно-абсорбционном приборе “AAS-1” с помощью эталонных ламп. Концентрации остальных соединений и элементов в осадках определялись стандартными методами.

Структуры “Съездовская”, “Молодежная”, и “Днестровская” рассматриваются на современном этапе как перспективные для постановки буровых платформ и проведения разведочного бурения на нефть и газ. В перспективе здесь резко возрастут техногенные нагрузки на верхний слой донных илов [1].

В связи с этим возникла необходимость зафиксировать природное состояние донных осадков данных районов перед этапом их интенсивного промышленного освоения.

Для выяснения поведения элементов–токсикантов в процессе диагенеза и вариаций их концентраций в современных осадках была выполнена статистическая обработка лабораторных данных и проведен факторный анализ методом главных компонент.

На структуре “Съездовской” [2] значимые положительные коэффициенты корреляции связывают карбонатную часть осадков в верхней пробе с таким элементом как Cu ( $R_k = 0,71$ ). В свою очередь Cu имеет положительные значимые связи с Ni ( $R_k = 0,9$ ) и Co ( $R_k = 0,89$ ), т.е. можно выделить группу элементов захороненных в карбонатных осадках раковин моллюсков и планктонных фораминифер, которые концентрировали эти элементы из морской воды в процессе своей жизнедеятельности. Вероятно, опосредованно, эти элементы в осадке можно отнести к гидрогенным.

Наиболее высокий отрицательный коэффициент корреляции у  $\text{CaCO}_3$  с Pb ( $R_k = -0,25$ ) и Mn ( $R_k = -0,27$ ).

Сумма тяжелых углеводородов связана положительными значимыми связями с Zn ( $R_k = 0,78$ ) и Co ( $R_k = 0,72$ ), через посредничество которого они связываются с элементами группы карбонатов.

Совершенно иная картина наблюдается уже в частично восстановительной зоне донных осадков по второй пробе (нижняя проба) на глубине около 1 м от поверхности дна. Здесь, значимую положительную связь с карбонатами имеет только Mn ( $R_k = 0,4$ ). Гораздо большее значение, чем в верхней пробе начинают играть глинистые минералы, роль которых выражается содержанием калия. Он связан значимыми коэффициентами корреляции с Cu ( $R_k = 0,59$ ), Ni ( $R_k = 0,53$ ), Co ( $R_k = 0,34$ ). Cu значимым коэффициентом корреляции связан с Zn и Hg ( $R_k = 0,33$ ), а он, в свою очередь, тесно связан с такими элементами–токсикантами как Pb ( $R_k = 0,56$ ), Ni ( $R_k = 0,59$ ), Co ( $R_k = 0,55$ ). Особняком выделяется значимая связь Zn и Hg ( $R_k = 0,37$ ). Вероятно, весь этот комплекс элементов сорбируется с глинистой составляющей осадка и зависит от особенностей процесса диагенеза на начальном этапе [3].

На структуре “Молодежной”, в частично восстановительной зоне донных осадков по второй пробе (нижняя проба) на глубине около 1 м от поверхности дна отмечается значимая положительная связь Mg с Pb ( $R_k = 0,78$ ), Ni ( $R_k = 0,86$ ) и Mn ( $R_k = 0,87$ ), а

Сорг с Ni ( $R_k = 0,92$ ), К ( $R_k = 0,79$ ) и Mg ( $R_k = 0,83$ ). Сумма тяжелых углеводородов связана положительными значимыми связями с  $\text{CaCO}_3$  ( $R_k = 0,73$ ),  $\text{CO}_2$  ( $R_k = 0,73$ ) и С ( $R_k = 0,73$ ).

На структуре “Днестровской” высокие положительные значимые коэффициенты корреляции связывают в верхней пробе практически все металлы (Mn, Pb, Cu, Ni, Co, Zn). Эта группа элементов находится в антагонистической позиции ( $R_k = -0,37$ ) с карбонатной составляющей осадка. Наиболее близкое корреляционное положение  $\text{CaCO}_3$  связывает со свинцом ( $R_k = 0,17$ ), а с никелем у него значимая отрицательная связь ( $R_k = -0,36$ ). Незначимые отрицательные величины коэффициента корреляции наблюдаются у группы металлов и Сорг. Тесно связанную генетическую группу составляют газообразные углеводороды и  $\Sigma\text{TU}$ .

В нижней пробе значимые коэффициенты корреляции связывают Ca, Pb, Zn, Mg, Mn, которые образуют группу Mn. Со связывают значимые положительные коэффициенты корреляции с Ni, К и они образуют группу Со. Группа Mn находится в отрицательной связи с Сорг., а группа Со – с  $\text{CaCO}_3$ . Гораздо большее значение, чем в верхней пробе, начинают играть глинистые минералы, роль которых выражается содержанием такого элемента как К. Он связан значимыми коэффициентами корреляции с Со ( $R_k = 0,83$ ), Ni ( $R_k = 0,75$ ), Pb ( $R_k = 0,48$ ). Вероятно, весь этот комплекс элементов сорбируется глинистой составляющей осадка и зависит от особенностей процесса диагенеза на начальном этапе.

Более детально рассмотреть генетическую группировку химических элементов и соединений позволяет анализ факторных нагрузок, полученных методом принципиальных компонент.

В осадках верхней пробы структуры “Съездовская” наибольший вес имеет первый фактор (табл. 1), который, вероятно, отражает роль сорбционного захвата в процессе осадконакопления и показывает сходство поведения в этом процессе углеводородов и металлов (кроме Pb и Mn). Фактор 2 несет меньшую нагрузку, чем фактор 1, отражает роль биогенных карбонатов и их связь с такими элементами как Cu. Третий фактор характеризует антагонистическое поведение и влияние  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$ . В нижней пробе меняется конфигурация нагрузок: по первому фактору резко дифференцируется поведение группы металлов (кроме Mn) и К с углеводородами и биогенными карбонатами. Фактор 2 показывает различность поведения углеводородов и карбонатов в области его нагрузок. Третий фактор так же указывает на противоположность влияния  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$ .

По нагрузкам факторов в верхней пробе на структуре “Молодежная” (табл.2), сделать какие-либо выводы затруднительно в связи с отсутствием определений концентраций элементов, можно только отметить антагонизм поведения углеводородов и азота. По нижней пробе, суммарные нагрузки наибольшие по первому фактору, они показывают антагонистическое поведение карбонатной составляющей осадка и металлов, характеризуют сорбционную связь металлов с К. По второму фактору

Таблица 1

Значение факторных нагрузок (по методу принципиальных компонент)  
в осадках структуры "Съездовская" (n = 22)

Верхняя проба				Нижняя проба			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3		Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	<b>0,8448</b>	0,458887	-0,11724	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-0,24986	0,489023	-0,23511
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	<b>0,85929</b>	0,394673	-0,2182	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-0,29135	0,646831	-0,44303
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<b>0,77424</b>	0,544075	-0,08935	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-0,53515	0,404336	-0,18846
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	<b>0,81554</b>	0,366612	-0,30241	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-0,29184	<b>0,75049</b>	0,043944
O <sub>2</sub>	0,594471	-0,40519	-0,67567	O <sub>2</sub>	-0,05132	-0,29551	0,668537
N <sub>2</sub>	-0,51441	0,488031	0,619738	N <sub>2</sub>	0,045808	0,209222	-0,58696
ΣТУ	<b>0,90089</b>	0,24073	-0,27502	ΣТУ	-0,26223	<b>0,76236</b>	0,016698
CaCO <sub>3</sub>	0,44591	<b>-0,8422</b>	0,171976	CaCO <sub>3</sub>	<b>-0,8753</b>	-0,02253	0,267856
CO <sub>2</sub>	0,432198	<b>-0,7728</b>	0,272362	CO <sub>2</sub>	<b>-0,8592</b>	-0,01617	0,28398
C	0,445698	<b>-0,8426</b>	0,172572	C	<b>-0,8747</b>	-0,02273	0,268949
Сорг	0,259051	0,177936	0,142947	Сорг	0,052839	-0,2353	-0,31398
Pb	0,44488	0,600387	0,229983	Hg	0,144462	-0,09263	0,43745
Zn	<b>0,9191</b>	-0,0709	0,266577	Pb	0,692981	0,37785	0,265331
Cu	<b>0,87418</b>	-0,34058	0,223601	Zn	0,515601	0,260505	0,250649
Ni	<b>0,87716</b>	-0,14528	0,421825	Cu	0,245319	-0,25456	-0,1372
Co	<b>0,8276</b>	-0,14841	0,249116	Ni	<b>0,76085</b>	0,480473	0,188027
Mn	0,308896	0,689819	0,46375	Co	<b>0,75877</b>	0,355988	0,017212
Вес фактора	8,154227	4,305773	1,860009	Mn	-0,53074	0,230298	0,124926
				K	0,623566	0,217031	0,239775
				Na	-0,15723	0,404406	0,187742
				Mg	-0,05402	0,469965	0,60026
				Вес фактора	5,54462	3,279347	2,251774

\*Здесь и далее жирным шрифтом показаны значимые нагрузки

связываются Mg, Mn и Pb в противовес практически всем другим компонентам. Третий фактор указывает на связь сорбционной емкости глинистой составляющей осадка и углеводородов.

В осадках структуры "Днестровская" по первому фактору отражается противоположность поведение карбонатной составляющей осадка с одной стороны, металлов и углеводородов с другой (табл. 3). По второму фактору, можно выделить две антагонистические группировки элементов и соединений, а именно: углеводороды и металлы. А по третьему фактору прослеживается генетическая связь CaCO<sub>3</sub> с Pb. По нижней пробе наибольшую нагрузку несет первый фактор, который отражает связь К с группой тяжелых металлов и углеводородов, а органомный карбонат находится в антагонистической группировке. Вес второго фактора также значителен и характеризует дифференциацию поведения тяжелых и легких углеводородов, различность поведения Pb, Zn, Cu в противовес Ni и Co, связанным с глинистой частью осадка. По третьему фактору ведущую роль играет поведение азота, его влияния на среду осадконакопления.

Таблица 2

Значения факторных нагрузок (по методу принципиальных компонент) в осадках структуры "Молодежная" (n = 35)

Верхняя проба				Нижняя проба			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3		Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
CH <sub>4</sub>	-0,55378	<b>-0,7629</b>	-0,06083	CH <sub>4</sub>	-0,54315	-0,10135	-0,61672
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	<b>-0,7205</b>	0,225892	-0,58457	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,050682	0,415346	<b>-0,7876</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	<b>-0,7078</b>	0,642276	0,081519	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	<b>0,72035</b>	-0,17895	-0,20057
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-0,49176	0,363021	<b>0,742</b>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-0,09204	0,123843	-0,66707
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-0,21503	<b>0,83932</b>	-0,45178	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	<b>0,80519</b>	-0,34608	-0,03453
O <sub>2</sub>	-0,69821	-0,66309	-0,02701	O <sub>2</sub>	-0,51695	-0,2072	-0,60614
N <sub>2</sub>	<b>0,83227</b>	0,493391	0,049532	N <sub>2</sub>	0,489252	0,355775	0,250977
ΣТУ	<b>-0,7754</b>	0,412307	0,244385	ΣТУ	<b>0,73287</b>	-0,27283	-0,31589
Вес фактора	3,396226	2,734882	1,169645	CaCO <sub>3</sub>	<b>0,80882</b>	-0,58188	0,020246
				CO <sub>2</sub>	<b>0,80753</b>	-0,58366	0,020468
				C	<b>0,81068</b>	-0,57941	0,020173
				Сорг	-0,60732	-0,6762	0,400741
				Hg	-0,69774	0,024516	-0,21007
				Pb	-0,13226	<b>-0,9052</b>	-0,24277
				Zn	-0,56117	0,284689	0,456671
				Cu	-0,47261	-0,50676	0,216886
				Ni	<b>-0,7878</b>	-0,57897	0,161315
				Co	-0,41593	-0,10483	<b>-0,7528</b>
				Mn	-0,31463	<b>-0,7752</b>	-0,45943
				K	-0,35808	-0,30207	<b>0,84272</b>
				Na	<b>0,94123</b>	-0,13838	-0,03539
				Mg	-0,40476	<b>-0,8863</b>	0,024854
				Вес фактора	7,962526	5,067048	4,053489

Таблица 3

Значения факторных нагрузок (по методу принципиальных компонент) в осадках структуры "Днестровская" (n = 72)

Верхняя проба				Нижняя проба			
	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3		Фактор 1	Фактор 2	Фактор 3
CH <sub>4</sub>	0,127524	-0,39212	-0,03927	CH <sub>4</sub>	-0,01945	0,561983	0,624373
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,561453	<b>-0,7554</b>	0,035422	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	-0,25179	0,3465	<b>-0,7434</b>
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,623331	-0,53282	0,348866	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	-0,2831	<b>0,772</b>	-0,07583
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,308013	-0,63478	-0,16846	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	<b>-0,7872</b>	-0,56906	0,07702
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,638474	-0,64095	0,192442	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,35854	-0,16399	0,346969
O <sub>2</sub>	-0,11875	-0,20957	-0,11506	O <sub>2</sub>	0,496646	-0,67621	0,272838
N <sub>2</sub>	-0,19151	0,186992	0,190949	N <sub>2</sub>	-0,19287	-0,00191	<b>0,8571</b>
ΣТУ	0,619033	-0,58167	0,340599	ΣТУ	<b>-0,7567</b>	-0,6142	0,024237
CaCO <sub>3</sub>	-0,69174	-0,24087	0,625825	CaCO <sub>3</sub>	<b>0,85005</b>	0,435373	-0,18072
CO <sub>2</sub>	<b>-0,7421</b>	-0,2573	0,590204	CO <sub>2</sub>	<b>0,84406</b>	0,498724	-0,13176
C	<b>-0,7421</b>	-0,25646	0,591129	C	<b>0,85065</b>	0,43132	-0,17702
Сорг	-0,23162	0,26399	-0,25939	Сорг	0,380496	<b>-0,8943</b>	0,015845
Pb	0,124716	0,452232	0,619319	Hg	-0,5203	<b>-0,7913</b>	0,075789
Zn	0,504925	0,456144	0,099854	Pb	<b>-0,8522</b>	0,349379	-0,02912
Cu	0,448047	0,428602	0,077196	Zn	<b>-0,7148</b>	0,668986	-0,00237
Ni	0,635614	0,54026	0,307635	Cu	-0,64981	<b>0,74554</b>	0,103238
Co	0,69878	0,449559	0,309515	Ni	<b>-0,9457</b>	-0,00092	-0,31294
Mn	0,372886	0,42622	0,49403	Co	<b>-0,8859</b>	-0,23508	-0,33722
Вес фактора	4,792805	3,77082	2,346327	Mn	-0,2047	<b>0,97251</b>	-0,02214
				K	<b>-0,7865</b>	-0,25992	0,117615
				Na	-0,3301	0,603127	0,648066
				Mg	-0,19226	<b>0,96825</b>	0,080931
				Вес фактора	8,467748	7,76278	2,635639

Таким образом, на основании изучения статистических характеристик донных отложений ряда локальных тектонических структур, установлены парагенетические ассоциации ряда элементов и параметров среды осадконакопления, как в окисленных, так и в слабовосстановленных отложениях.

### Список литературы

1. Сторчак О.В., Никулин В.В., Какаранза С.Д. Эколого-геологическая оценка донных отложений локального тектонического поднятия “Съездовское” (северо-западный шельф Черного моря) // *Екологічні проблеми Чорного моря*. – Одеса: ОЦНТЕІ. – 2001. – С. 303-308.
2. Сторчак О.В., Никулин В.В., Федорончук Н.А. Геолого-экологическая оценка донных отложений поднятия “Съездовское” (северо-западный шельф Черного моря) // *Тез. конф. молодых ученых 18-20 сент. 2001 г. “Проблемы экологии Азово-Черноморского бассейна: современное состояние и прогноз”*. – Севастополь. – С. 98-99.
3. Сторчак О.В., Нікулін В.В. Дослідження еколого-геологічних умов утворення донних відкладів та водної товщі авандельти р. Дунай // *Молодь у вирішенні регіональних та транскордонних екологічних проблем*. – Чернівці. – 2002. – С. 55-59.

Статья поступила в редакцию 20.01.2003 г.