

## О ПРОИСХОЖДЕНИИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ АНОМАЛИИ ФЕНОЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ ЦЕНТРАЛЬНОБАРЕНЦЕВСКОГО ПОДНЯТИЯ (БАРЕНЦЕВО МОРЕ)

© 1997 г. Е.М. Леонова, В.И. Петрова, В.С. Зархидзе

Всесоюзный научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, Санкт-Петербург  
Поступила в редакцию 15.06.95 г.

В поверхностных осадках Центрально-Баренцевого поднятия выявлены геохимические аномалии фенолов, никеля, кобальта. На основании изучения минерального состава осадков, геохимических особенностей органического вещества, рассмотрения палеогеографических обстановок в изучаемом районе акватории авторы предполагают, что выявленные аномалии образовались в результате естественных процессов длительной эволюции вещества, в ходе которой выработались определенные барьеры, препятствующие негативному воздействию отдельных химических компонентов на бентосное население данного участка акватории.

Изучение воздействия техногенных процессов на морские экосистемы проводят специалисты самого разного профиля и прежде всего биологи, океанологи, географы, деятельность которых нередко сводится к наблюдениям за уровнями содержания токсичных компонентов, определению особенностей распределения биомассы и видовых сообществ. При этом в большинстве случаев в исследовании не включаются вопросы, связанные с изучением форм нахождения токсичных компонентов, особенностей их миграции в морской среде и взаимодействия с веществом природного генезиса. Эти вопросы находятся в компетенции геохимиков, которые, к сожалению, далеко не всегда привлекаются к интерпретации результатов экологических исследований, что часто приводит к ложным выводам об интенсивности техногенного воздействия и отрицательно сказывается на оценке реального состояния морских экосистем. Так, нередко присутствие фенолов, нефтяных углеводородов, полиароматических углеводородов (ПАУ) и других компонентов в донных осадках объясняется влиянием только антропогенного фактора. Тот факт, что перечисленные вещества являются еще и продуктами природных геохимических процессов нередко полностью игнорируется. При этом,

конечно, не следует забывать, что повышенные концентрации химических элементов в веществе - неоднозначный индикатор антропогенного воздействия на среду.

Выявление природных и техногенных составляющих различных компонентов, содержащихся в донных осадках, чрезвычайно сложная задача, решение которой требует комплексного подхода, включающего изучение не только геохимических особенностей распределения элементов, но и исследование особенностей геологического строения изучаемых районов акваторий. Именно такой подход и попытались использовать авторы при объяснении природы некоторых геохимических аномалий, установленных в донных осадках центральных районов акватории Баренцева моря.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Данная работа выполнена на основе материалов, отобранных в течение рейса № 12 НИС «Геолог Ферсман», проводившегося в 1992 году в Баренцевом море. Опробование поверхностных донных осадков, извлекаемых дночерпателем «Океан», осуществлялось в интервале 0-5 см. Схема расположения станций опробования, приведена на рис. 1.

В отобранных пробах поверхностных донных осадков содержания тяжелых металлов определялись количественным спектральным анализом. Определение содержания фенолов проводилось спектрофотометрическим методом в щелочных вытяжках. Перечисленные анализы выполнялись в лабораториях ААНИИ. Органо-геохимические исследования включали определение карбонатного и органического углерода, хлороформную соклетную экстракцию битумоидов, определение их группового состава, хроматографическое выделение, анализ молекулярного состава углеводородов и проводились в лабораториях ВНИИОкеангеология.

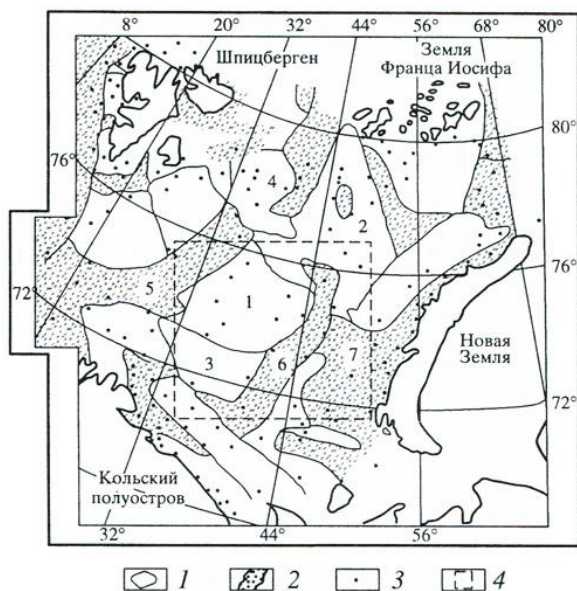


Рис. 1. Морфоструктурная схема Баренцевой континентальной окраины [1, 2].

1 – положительные элементы рельефа, 2 – отрицательные элементы рельефа, 3 – точки опробования поверхностных осадков, 4 – изучаемый район.

Цифры на схеме: 1 – Центральнобаренцевское поднятие, 2 – плато Гимет, 3 – Демидовская банка, 4 – поднятие Персея, 5 – Медвежий желоб, 6 – желоб Самойлова, 7 – Кармакульский мегапрогиб.

Изучение минерального состава осадков осуществлялось иммерсионным методом и рентгенофазовым анализом также в лабораториях ВНИИОкеангеология.

Определение минерального состава иммерсионным методом проводилось в наиболее представительной по комплексу минералов фракции 0.1-0.05 мм после разделения ее на легкую и тяжелую составляющие жидкостью с удельным весом 2.9. Количественное содержание минералов в тяжелой подфракции определялось по 500 зернам.

Содержания химических компонентов в поверхностных донных осадках Баренцева моря (мкг/г)

Элемент	X	S	Минимальные содержания	Максимальные содержания	Кларк (по А.В. Виноградову)
Ni	42	20	3	92	95
Co	23	12	2	57	20
Cu	89	57	5	216	57
Zn	86	43	4	154	80
Pb	26	14	4	89	20
Фенол	0.15	4.17	<0.05	8.8	–

Примечание. X – среднее содержание, S – стандартное отклонение, для фенолов – стандартный множитель. Количество проб 106.

Качественный и количественный состав тонкодисперсной составляющей донных отложений (фракция меньше 0.005 мм) определялся рентгенофазовым анализом. Образцы в виде ориентированных агрегатов снимались в воздушно-сухом состоянии, обрабатывались диметил-сульфоксидом для разделения хлорита и каолинита.

Всем, проводившим аналитические работы, авторы выражают благодарность.

### МИНЕРАЛОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКОВ ЦЕНТРАЛЬНОБАРЕНЦЕВСКОГО ПОДНЯТИЯ И ИХ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

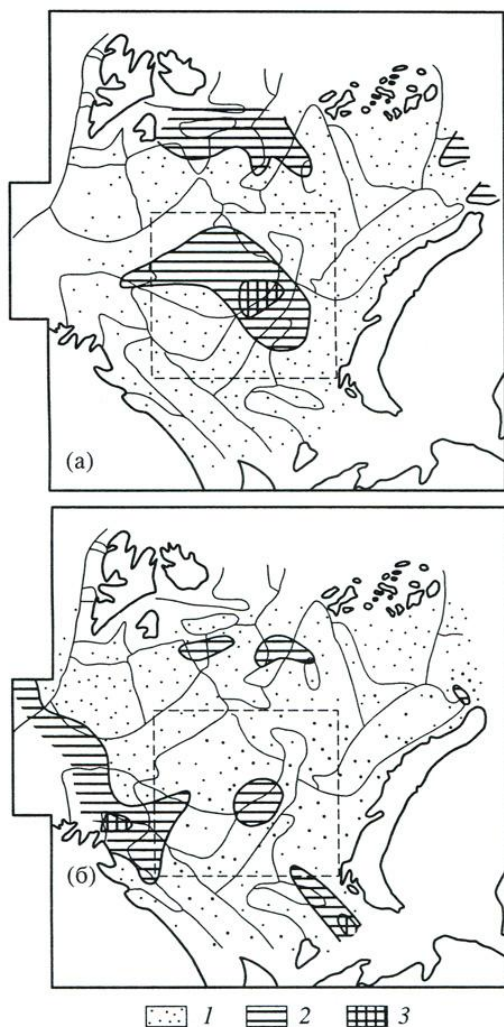
Средние содержания химических элементов в донных осадках Баренцева моря близки к их кларкам (таблица).

По полученным данным были построены карты распределения содержаний различных компонентов в поверхностных донных осадках, на которых отчетливо проявились поля повышенных содержаний фенолов, никеля и кобальта, приуроченные к одному и тому же району восточного склона Центральнобаренцевского поднятия (рис. 2, 3). Причем контуры полей с наиболее высокими содержаниями перечисленных компонентов на этом участке во многом совпадают.

Обращает на себя внимание тот факт, что содержания фенолов и никеля в донных осадках здесь имеют максимальные значения по сравнению с поверхностными осадками всей акватории Баренцева моря. Причины такого явления можно выявить при рассмотрении особенностей вещественного состава донных осадков и геологической истории их формирования.

На восточном склоне Центральнобаренцевского поднятия развиты алевритопелитовые, пелитовые осадки, содержания фракции с диаметром частиц меньше 0.005 мм в них нередко достигает 65%. Минералы легкой фракции осадков представлены главным образом кварцем (до 80%), калиевым полевым шпатом (до 18%).

В целом для осадков Баренцева моря процент выхода тяжелой фракции в изученной алевритовой разности (0.1-0.05 мм) колеблется от 0.1 до 47.6%. Ее высокие содержания приурочены к осадкам прибрежных зон. В осадках центральных участков акватории Баренцева моря содержания тяжелой фракции обычно составляют 0.1-2.1%.



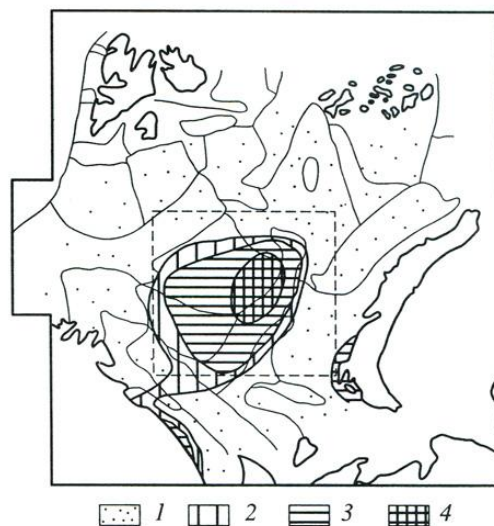
**Рис. 2.** Распределение содержаний никеля (а) и кобальта (б) в поверхностных донных осадках Баренцева моря

1 – содержания никеля меньше 62 мкг/г, кобальта – меньше 35 мкг/г, 2 – содержания никеля 63–72 мкг/г, кобальта – 35–41 мкг/г, 3 – содержания никеля 73–92 мкг/г, кобальта 42–57 мкг/г.

Для выявления более тонких закономерностей распределения в последних содержаниях тяжелой фракции на основе обработки данных по выборке, включающей пробы, отобранные только в центральных участках акватории, была построена схема, на которой отчетливо выделилась область относительно высоких содержаний минералов тяжелой фракции (рис. 4). При этом влияние источников современного сноса на распределение минералов тяжелой фракции свелось к минимуму. Чем объясняются повышенные концентрации тяжелых минералов в центральных районах акватории?

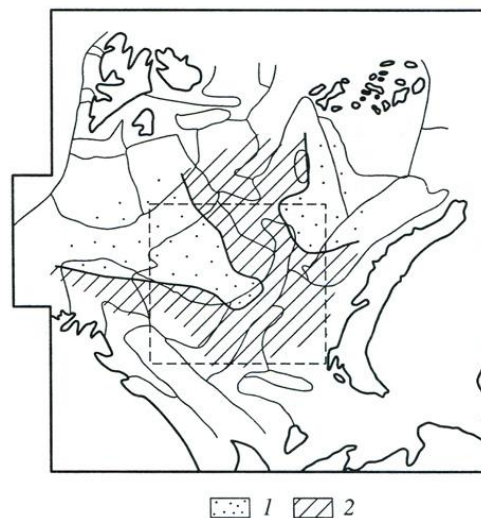
Первое, что можно предположить – это наличие здесь области интенсивного размыва осадков, в результате которого могли развиваться процессы, формирующие естествен-

ный шлик. Однако, повышенные содержания глинистой составляющей в донных осадках центральных районов Баренцева моря, ставят под сомнение подобное объяснение. Более вероятным представляется существование здесь сложных гидродинамических условий, которые препятствуют современному осадконакоплению и благоприятны для слабого размыва выходящих на поверхность древних пород. Поскольку установлено присутствие в верхнем слое осадков повышенных содержаний минералов тяжелой фракции, можно предположить, что мы наблюдаем следы древнего источника сноса в этом районе.



**Рис. 3.** Распределение содержаний фенолов в поверхностных донных осадках Баренцева моря.

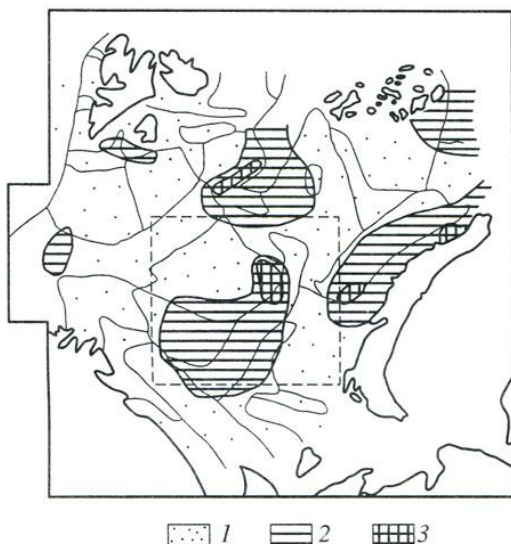
1 – содержания фенолов – меньше 0.64 мкг/г, 2 – 0.65–1.32 мкг/г; 3 – 1.33–2.69 мкг/г, 4 – 2.7–8.8 мкг/г.



**Рис. 4.** Распределение содержаний минералов тяжелой фракции в поверхностных донных осадках центральных районов акватории Баренцева моря.

1 – содержания тяжелой фракции меньше 1.5%, 2 – содержания тяжелой фракции больше 1.5%.





**Рис. 5.** Распределение содержаний хлорита глинистой фракции в поверхностных донных осадках Баренцева моря.

1 – содержания хлорита меньше 25%, 2 – содержания хлорита 25–35%, 3 – содержания хлорита больше 35%.

Минералы тяжелой фракции здесь представлены главным образом черными рудными (до 38%), гранатом (до 36%), эпидотом (до 19%), апатитом (до 7%). Наиболее высокие содержания апатита в поверхностных осадках Баренцева моря установлены именно на Центральнобаренцевском поднятии. Повышенные концентрации апатита здесь могут быть объяснены особенностями минерального состава осадков данного района акватории, сформировавшегося на фоне слабого размыва грунта.

Одним из доказательств наличия эдафогенно-палимпсестовых отложений [3] на восточном склоне Центральнобаренцевского поднятия является и распределение в поверхностных донных осадках хлорита (рис. 5), минерала, неустойчивого к длительному переносу. Его содержания в глинистой фракции осадков Баренцева моря в целом колеблются от 5 до 45%. Повышенные содержания хлорита отмечаются вдоль Северного острова Новой Земли (до 40%), на юго-востоке шельфа архипелага Земли Франца Иосифа (30-40%), южнее Шпицбергена (до 30%) и в осадках центральных районов акватории. Так как хлорит обычно концентрируется вблизи источников сноса, по распределению этого минерала можно судить об их местоположении. Скопления хлорита в осадках Центральнобаренцевского поднятия указывает на местный источник сноса и подтверждает тот факт, что современные осадки данного района форми-

руются в результате размыва и переотложения древних подстилающих пород.

Зоны высоких концентраций никеля и кобальта приурочены к осадкам, содержащим максимальные количества хлорита. Таким образом аномальные содержания данных элементов здесь обусловлены минеральным составом поверхностных осадков, т.е. полностью определяются природным фактором. Из сказанного выше следует, что одним из вероятных источников вещества донных образований Центральнобаренцевского поднятия могли быть породы основного или среднего состава.

По данным Д.С. Яшина на рассматриваемом участке акватории на поверхность выходят осадки плейстоценового возраста [2].

Центральнобаренцевское поднятие, как предполагается [4, 5], входило в миоцене и плиоцене в состав обширной Западно-Арктической Суши (ЗАС), в силу своего географического положения определившей природные обстановки в Западном секторе Арктики. Ее сопряженное развитие с океанскими впадинами на западе (в палеогене) и севере (в позднем кайнозое) сопровождалось закономерным изменением растительного покрова. Теплоумеренная растительность, характерная для олигоцена, сменялась, вероятно, лесостепной в позднем миоцене и, более определенно, лесной и лесотундровой в плиоцене, когда на гористых окраинных участках ЗАС (приокеанических архипелагах и Новой Земле) формировались обширные снежно-ледовые поля, а в примыкающих к ЗАС морских бассейнах - морские льды [4]. В неогене неоднократно происходили тектоно-эвстатические повышения уровня Мирового Океана, расширение границ осадочных бассейнов на южных окраинах ЗАС, вторжение атлантических вод, отеплявших южные окраины палеосуши. В эти периоды, зафиксированные появлением теплолюбивых атлантических моллюсков [5, 6], происходило расширение и ареалов лесной растительности. Во все периоды потепления Центральнобаренцевское поднятие было наиболее долговременной устойчивой областью развития лесной, а в позднем плиоцене - раннем плейстоцене, видимо, лесостепной растительности, исчезнувшей уже в среднем плейстоцене в водах Баренцева моря одной из последних.

Таким образом, по геологическим и минералогическим данным можно сделать вывод, что поверхностные осадки восточного

склона Центральнобаренцевского поднятия представлены слабо размываемыми в настоящее время образованиями древней суши, в которых могли сохраниться остатки органического вещества терригенного происхождения, источником которого явилась и древесная растительность - основной носитель веществ фенольной группы.

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА ЦЕНТРАЛЬНОБАРЕНЦЕВСКОГО ПОДНЯТИЯ

Исследование органического вещества поверхностных донных осадков восточного склона Центральнобаренцевского поднятия позволило установить следующее.

Содержания органического углерода в изученных осадках варьируют от 0.87 до 1.57%, что характерно для алевритовых разностей равнин Баренцева моря [7]. Низкие содержания карбонатного углерода (<0.1 %), отсутствие их корреляции с углеродом органическим позволяют предположить смешанный генезис исходного органического вещества рассматриваемых осадков. Данные детальных органо-геохимических исследований показали, что в составе этого вещества присутствует определенная доля терригенного растительного материала. Так, значительную часть органического вещества изучаемых осадков составляют гуминовые кислоты (до 27%), битумоиды обогащены смолисто-асфальтовыми компонентами (>80%). В составе углеродов доминируют ароматические соединения (до 52.5%), а в группе полициклических аренов - перилен (до 40% от суммы ПАУ).

Здесь важно вспомнить, что одним из индикаторов наземного органического вещества в донных осадках является лигнин - основной структурный блок гумусового материала, а биогеохимическая деструкция лигнина и его компонентов приводит к образованию фенолов и фенолоподобных соединений, причем формирование и трансформация фенольных соединений являются важным этапом геохимической эволюции гумусовой составляющей органического вещества донных осадков [8, 9]. Эти данные могут объяснить повышенные концентрации фенолов в поверхностных донных осадках рассматриваемого участка акватории. Содержания фенолов в них, вероятно, обусловлены присутствием

органического вещества терригенного происхождения.

Обнаружение в осадках, органическое вещество которых частично сформировано терригенным материалом, фенолов в количестве до 8.8 мкг/г не является геохимическим феноменом и, тем более, не может быть однозначно определено как техногенное загрязнение. Так, например, изучение распределения и индивидуального состава фенолов в осадках Белого моря показало, что их высокое суммарное содержание (до 30 мкг/г) может быть обусловлено спецификой локального геохимического фона. И более того, лишь по соотношению структурных групп фенолов - *p*-оксибензойных, ванилиновых и сиреневых можно судить об их источниках поступления и констатировать контаминацию осадков [10].

Итак, геохимические аномалии фенолов, никеля и кобальта в поверхностных осадках восточного склона Центральнобаренцевского поднятия, видимо, являются результатом естественных процессов эволюции вещества. Содержания фенолов здесь достигают 8.8 мкг/г, никеля - 92, кобальта - 42 мкг/г. Подобный уровень концентраций перечисленных компонентов не отражается негативно на бентосном населении данного участка акватории. Эти районы отличаются относительно высоким содержанием биомассы, что, вероятно, обусловлено и определенным поступлением дополнительных источников питания в виде органического вещества размываемых древних осадков. Каких-либо изменений в уровне содержания биомассы и видовом разнообразии в рассматриваемом районе за последние десятилетия не установлено [11].

#### ВЫВОДЫ

Зараженность токсичными компонентами поверхностных осадков Центральнобаренцевского поднятия связывалась ранее с последствиями антропогенных процессов [12]. Авторы предполагают, что на самом деле выявленные аномалии являются лишь закономерным звеном в цепи длительной эволюции вещества на шельфе, включавшей процессы накопления терригенного органического материала в осадках суши, последующий их размыв в морских условиях, результатом которого явилось формирование характерного минерального состава осадков, определившего и аномальные содержания в них никеля и кобальта.

Присутствие терригенного органического вещества, источником которого первоначально была древняя древесная растительность, могло стать причиной накопления в этих осадках соединений фенольной группы.

В процессе эволюции вещества выработались определенные барьеры, препятствующие негативному воздействию отдельных химических компонентов на живую природу. Вероятно, указанный выше уровень концентраций фенолов и других веществ также не будет иметь отрицательных экологических

последствий, в случае выявления его и на иных акваториях шельфовых морей.

Из приведенного материала хорошо видно, что только комплексный подход к изучению природной среды, включающий геологические, геохимические, биологические аспекты является единственно возможным путем к решению задач, требующих оценки экологического состояния морской среды. Приоритетный выбор какого-то одного из перечисленных направлений исследования резко уменьшает вероятность правильных оценок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дибнер В.Д. Морфоструктура шельфа Баренцева моря. Л.: Недра, 1978. 211 с.
2. Баренцевская шельфовая плита. Л.: Недра, 1988. 263 с.
3. Гуревич В.И. // Баренцевская шельфовая плита. Л.: Недра, 1988. С. 188.
4. Зархидзе В.С., Мусатов Е.Е. [Основные этапы палеогеографического развития Западной Арктики в позднем кайнозое](#) // Критерии прогноза минерального сырья в приповерхностных образованиях севера Западной Сибири и Урала. Тюмень.: ЗапСибНИГНИ, 1989. С. 123-140.
5. Атлас палеогеографических карт. Шельфы Евразии в мезозое и кайнозое. Лландино, Англия: Робертсон Групп, 1991. Т. 1,2. 310 с., 102 с.
6. Зархидзе В.С. История развития фауны морских моллюсков приатлантического сектора Арктики в позднем кайнозое // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. С. 186-194.
7. Биогеохимия органического вещества арктических морей. М.: Наука, 1982. 239 с.
8. Майская С.М., Кодина Л.А. Геохимия лигнина. М.: Наука, 1975. 229 с.
9. Rashid M.A. Geochemistry of Marine Humic Compounds. N.-Y.: Springer-Verlag, 1985. 300 p.
10. Пересыпкин В.И., Щербаков Ф.А. // Океанология. 1992. Т. 32. №6. С. 1051.
11. Pogrebov V.B. // Arct. Res. of the Un. States. 1994. V. 8. P. 290.
12. Садилов М.А. // Проблемы развития морских технологий, информатики и геоэкологии. Тез. докл. IV межвед. конф. СПб.: ВНИИОкеангеология, 1994. С. 128.

#### **On the Origin of Geochemical Anomaly in Phenols on the Surface of the Bottom Sediments over the Central Barents Sea Rise**

*E.M. Leonova, V.I. Petrova, and V.S. Zarkhidze*

Geochemical anomalies in phenols, nickel, and cobalt were revealed on the surface of the bottom sediments over the Central Barents Sea Rise. Proceeding from analyzing the mineral composition of sediments and the geochemical properties of the organic matter and considering the paleogeographic environment in the surveyed waters, the authors suggest that the revealed anomalies stem from the natural evolution of matter, during which certain restraints emerged that prevent a negative effect of some chemical components on the benthic population in the surveyed waters.

**Ссылка на статью:**



**Леонова Е.М., Петрова В.И., Зархидзе В.С. О происхождении геохимической аномалии фенолов в поверхностных донных осадках Центральнобаренцевского поднятия (Баренцево море) // Геохимия. 1997. № 9. С. 953-958.**