

УДК 551.462.464.38

## ПОСТУПЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АЛКАНО-НАФТЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ДОННЫХ ОСАДКАХ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА БЕЛОГО МОРЯ

© 1996 г. В. И. Пересыпкин, А. В. Александров

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва*

Поступила в редакцию 17.11.94 г., после доработки 14.03.95 г.

В статье приводятся данные о распределении алкано-нафтеновых углеводородов (УВ) и органического углерода ( $C_{орг}$ ) в верхнем слое донных осадков Кандалакшского залива Белого моря. Содержание УВ составляет от 43.8 до 305.7 мкг/г (0.88–60%  $C_{орг}$ ). Установлено наличие нефтяного загрязнения в верхнем слое донных осадков на разрезе от нефтебазы до открытых частей залива. Показано, что в тонких пелитовых илах в глубоководных частях залива и губах накапливается большое количество терригенного и техногенного органического вещества (ОВ). Анализ состава алканов свидетельствует о преимущественно терригенном составе значительной части ОВ и высокой степени его трансформации в процессе седиментации.

Распределение и состав углеводородов в верхнем слое современных осадков зависит от источников поступления органического вещества (ОВ) и фациальных условий осадконакопления в водоеме и тем самым является индикатором генезиса ОВ на стадиях раннего диагенеза [6]. Различные параметры в распределении n-алканов служат для определения значимости в формировании ОВ осадков биогенных углеводородов морских организмов, наземных растений и техногенных нефтяных углеводородов [1].

Особое внимание в настоящей работе уделяется исследованию различных типов (терригенных и антропогенных) углеводородов поступающих в экосистему Кандалакшского залива Белого моря, т.к. в настоящее время создается угроза нефтяного загрязнения данного района. В результате интенсивной промышленной деятельности в Белое море ежегодно поступает большое количество нефти и нефтепродуктов. Это количество приблизительно равно сумме углеводородов, которые продуцируются в фотосинтезе. Если бы распределение антропогенных углеводородов в морской среде в количестве, равном синтезированному, живыми организмами было бы равномерным в пространстве, то это не повлекло бы за собой серьезных изменений в экосистеме Кандалакшского залива. Однако из-за локального поступления углеводородов естественные биогеохимические процессы нарушаются. Нефтяные углеводороды, особенно растворимые в воде, при больших концентрациях губительны для морских организмов. Длительное воздействие загрязняющих веществ на экосистему изменяет структуру сообществ и нарушает сложившееся равновесие. Повышенное содержание нефтепродуктов в воде

и донных отложениях существенно меняет облик экосистемы, т.к. происходит их накопление в морских организмах, приводящее к изменению условий существования типов живых организмов. Повышенные концентрации нефтепродуктов обедняют биоценоз и перестраивают его из-за выпадения отдельных видов.

Влияние нефтезагрязнения может сказываться также через несколько поколений. Нефтяные углеводороды совершают сложный путь в водоеме от поверхности до дна и обратно и действуют на все организмы водной толщи и дна. Таким образом в настоящее время действует новый экологический фактор, усиление которого приведет к самым непредсказуемым последствиям в биологической структуре сообществ обширных районов Белого моря.

В Кандалакшском заливе Белого моря в настоящее время возникает опасность усиления воздействия на сложившуюся структуру экосистемы этого экологического фактора, так как предполагается расширение уже существующей нефтебазы, расположенной в акватории порта Кандалакша.

Целью нашей работы является изучение распределения алкано-нафтеновых углеводородов в донных осадках, поступающих в Кандалакшский залив, как в результате деятельности живых организмов (в основном терригенного происхождения), так и в процессе антропогенного воздействия.

Пробы донных осадков (0–5 см, 20 проб) были отобраны в 1992 г. малым дночерпателем, высушены при температуре 60°C и растерты до воздушно-сухого состояния (рис. 1). Органический углерод ( $C_{орг}$ ) определяли методом сухого сжига-

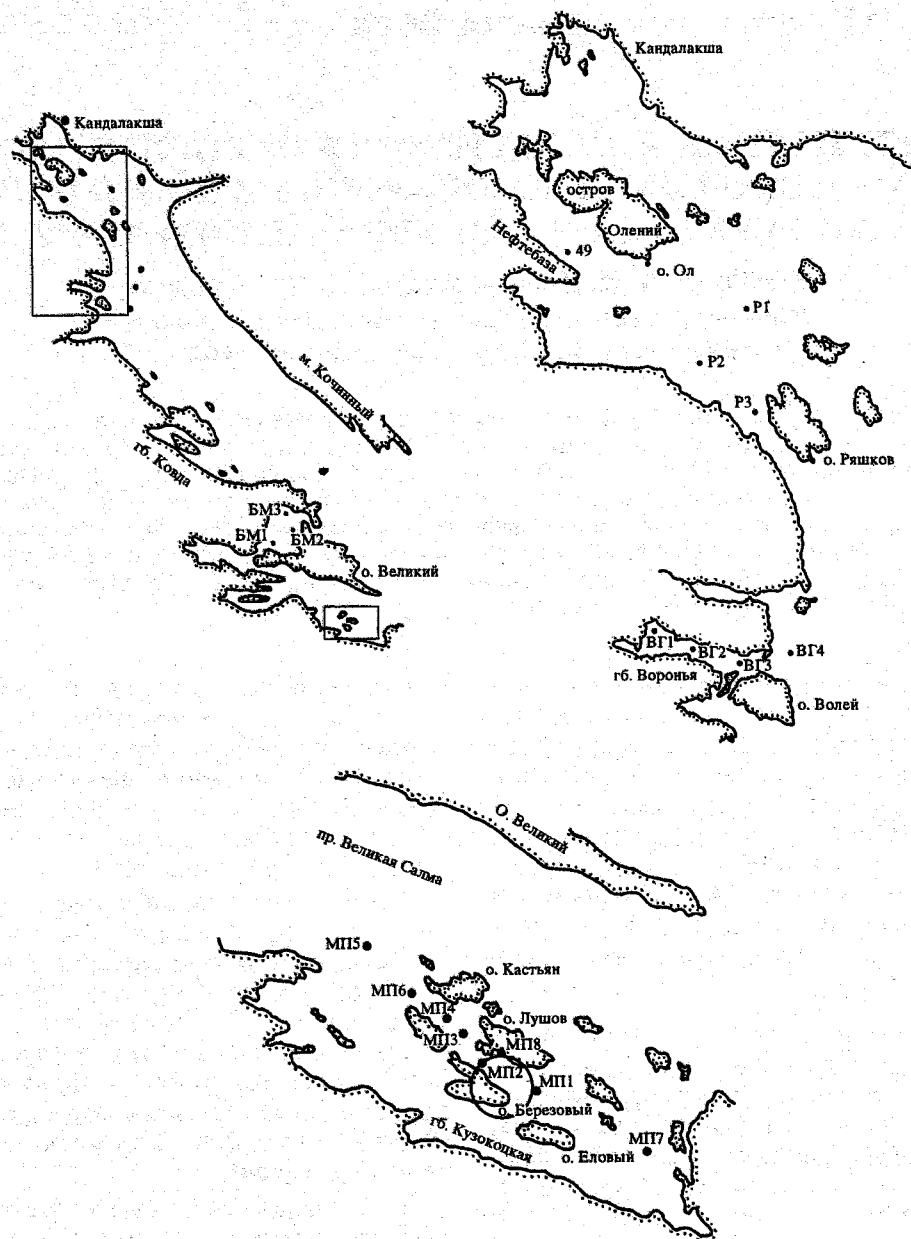


Рис. 1. Схема расположений исследованных районов и грунтовых станций Кандалакшского залива Белого моря.

ния на экспресс-анализаторе АН-7529. Экстракцию алкано-нафтеновых углеводородов из сухих проб осадков проводили в аппаратах Сокслета гексаном в течение 48 час. Полученный экстракт упаривали на вакуумном роторном испарителе при 35°C. Экстракт до хроматографического анализа хранили в холодильнике.

Отбор проб донных осадков проводили таким образом, чтобы охватить станции, расположенные вблизи нефтебазы, а также на большом удалении от промышленных объектов для уточнения влияния нефтезагрязнения. Хроматографический анализ УВ проводили на газовом хроматографе "Yanaco" G-180 (Япония), осна-

щенного пламенно-ионизаторным детектором и кварцевой капиллярной колонкой SE-30 50 м × 0.22 мм в режиме программирования температуры от 90°C-4/мин до 300°C.

В качестве внутреннего стандарта для количественного обсчета хроматограмм использовали сквалан. Все расчеты концентрации н-алканов проводили на интеграторе "Shimadzu" C-R3A и компьютере IBM PC/AT.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Кандалакшский залив интересен для геохимических исследований из-за высокой биопродук-

тивности и поступления большого количества отходов промышленности. Эти факторы способствуют быстрому поступлению в осадки терригенного и антропогенного ОВ и его трансформации за счет биодеградации. Особенный интерес с этой точки зрения представляют его мелкие заливы (губы), в которых из-за специфической гидродинамики происходит интенсивное накопление различных органических остатков и их захоронение в донных отложениях.

Состав донных отложений исследованной части Кандалакшского залива отличается разнообразием, что обусловлено сложной конфигурацией берегов, рельефом дна и действием приливно-отливных течений достигающих 2–4 м. Эти течения являются по существу единственным гидродинамическим фактором осадконакопления, т.к. волнение в данной акватории незначительно. Основные течения в заливе также определяются только этими факторами.

Преобладающим литологическим типом донных осадков являются тонкодисперсные илы с различной примесью песчаного и алевритового материала. Эти осадки заполняют пониженные участки дна и занимают широкие пространства. В узкостях проливов на гребнях дна и на выступающих формах рельефа осадки в основном представлены песчаным и галечным материалом. Это весьма характерно для седиментации в рассматриваемой акватории и является результатом разноса крупнозернистого прибрежного материала льдом, образующим береговой припай. В состав этого материала входит и дендрит органического происхождения, источником которого служат прежде всего водоросли, почвенное ОВ и животные литорали. Обледенение берегов в период зимнего времени и разнос льда способствуют возникновению неравномерности в гранулометрическом составе осадков и пятнистого распространения ОВ в осадках.

Специфической чертой распределения органического углерода ( $C_{орг}$ ) является его накопление в пелитово-алевритовых осадках небольших неглубоких заливах (губах), которыми изрезан Кандалакшский залив. Распределение  $C_{орг}$  и его повышенные концентрации до 4.15% приходятся на станции, расположенные близко от берега, в губах и находящихся вблизи крупных промышленных комплексов. Это – нефтебаза ( $C_{орг}$  от 1.4–3.5%); город-порт, где концентрации  $C_{орг}$  колеблются от 1.32 до 4.5%, а также губы залива ( $C_{орг}$  от 0.69 до 3.85%) (таблица).

На выходе из Кандалакшского залива, вдали от промышленных объектов на заброшенных мидиевых плантациях концентрации  $C_{орг}$  значительно ниже и колеблются от 0.11 до 1.98% (таблица). Такое распределение органического углерода находится в прямой зависимости от гранулометри-

ческого состава осадков. Так, в районе порта и в губах преобладание тонкодисперстных (глинисто-алевритово-пелитовых, отсутствие мощных течений и большое поступление отходов порта приводят к накоплению и быстрому захоронению большей части ОВ в этих частях залива.

В районе нефтебазы и дальше к о. Ряшков (рис. 1) состав осадков резко отличается от района порта. Наличие песчано-алевритовых грунтов с небольшим содержанием гальки, а также сильного приливно-отливного течения приводят к вымыванию ОВ и переносу его в более глубоководную часть залива. Довольно высокие скорости деструкции ОВ в воде 1–1.5% в сутки [1, 3], наличие течения и разнообразие гранулометрического состава осадков приводят к накоплению значительной части ОВ в глубоководных впадинах мелкодисперсными илами.

Исследования, проведенные авторами ранее в Кандалакшском заливе [5], позволяют сделать вывод об увеличении количества ОВ захороняющегося в донных осадках и тем самым об увеличении значений  $C_{орг}$  для изучаемой акватории.

В верхнем слое донных осадков (0–5 см,  $n = 20$ ) концентрации углеводов колеблются от 43.8–305.7 мкг/г воздушно-сухого осадка ( $\bar{x}$ –124.6 мкг/г) или от 0.88 до 60% от  $C_{орг}$  (таблица). Максимальные концентрации отмечены на ст. 49 (305.7 мкг/г) в непосредственной близости от нефтебазы и на некотором удалении от нее. Эти концентрации отражают условия формирования УВ в осадках различного генетического типа. При смене литологического состава осадков от ст. 49 к ст. о. Ол, расположенных вблизи нефтебазы, резко меняются концентрации УВ от 305.7 до 74.6 мкг/г или 2.07–60% от  $C_{орг}$ . Из этого следует, что в тонких пелитовых илах накопление УВ происходит более интенсивно, чем в песках, где часть накопленных УВ быстро вымывается приливно-отливными течениями, частично разносятся, а частично переносятся в более глубоководную часть залива, в донных осадках которой присутствует мелкодисперсная фракция с повышенной концентрацией органического материала. Такая взаимосвязь подтверждается работами других авторов, проводивших исследования в Рижском заливе Балтийского моря [3].

Состав алкановой фракции, входящей в УВ, выделенной из донных осадков, отобранных от нефтебазы до о. Ряшков отличается большим разнообразием из-за влияния различных источников поступления УВ как техногенных, так и биогенных. Соотношение этих соединений определяется генезисом УВ. Для природных автохтонных УВ характерно преобладание низкомолекулярных алканов  $C_{16}$ – $C_{22}$ , для аллохтонных (от наземной растительности) соединений с нечетным числом атомов в молекуле  $C_{23}$ – $C_{31}$ , для

Содержание и состав углеводородов в верхнем слое донных осадков (0-5 см) разного литологического состава

№ № ст.	Литологический тип осадка	$C_{орг}$ %	ОВ %	СГ1	Р/Ph	чет. н-алк %	неч. н-алк %	$\frac{(C_{11}-C_{22})}{C_{23}-C_{42}}$	$\frac{(C_{11}-C_{17})}{C_{18}-C_{24}}$ %	$\frac{(C_{25}-C_{28})}{C_{29}-C_{32}}$ %	$\frac{(C_{29}-C_{32})}{C_{33}-C_{36}}$ %	$\frac{(C_{37}-C_{40})}{C_{41}-C_{44}}$ %	$\frac{(C_{45}-C_{48})}{C_{49}-C_{52}}$ %	УВ мкг/г	н-алк %, от УВ	н-алк %, от $C_{орг}$
1	Ил пелитовый	1.40	2.55	1.90	0.84	34.42	65.57	0.39	7.90	30.25	28.53	30.92	27.84	305.70	0.43	3.07
2	о. Ол. Песок мелкозернистый	1.12	0.22	0.60	1.63	62.55	37.43	1.87	3.45	67.79	13.49	14.57	65.13	74.61	0.72	60.00
3	Г1 Ил пелитовый	2.40	4.37	0.99	1.19	50.33	49.64	0.49	13.92	32.12	27.07	24.97	32.89	209.10	0.52	2.17
4	Г2 Ил алеврогово-пелитовый	2.35	4.28	1.30	0.47	43.66	55.96	0.35	7.24	28.50	29.35	32.24	25.56	173.10	0.96	4.09
5	Г3 Песок мелкозернистый	1.63	2.97	1.04	1.17	49.08	50.91	0.44	11.82	33.13	28.52	24.52	30.50	83.37	0.66	4.05
6	ВГ1 Ил пелитовый с $H_2S$	3.14	5.72	1.73	1.91	36.58	63.43	0.49	8.52	35.94	22.50	32.03	33.03	132.90	0.81	2.58
7	ВГ2 Ил пелитовый	2.92	5.37	1.30	0.77	43.46	56.56	0.44	11.40	30.49	27.13	29.27	30.46	137.90	0.95	3.25
8	ВГ3 Песок крупнозернистый	0.69	1.26	1.55	0.96	39.20	60.82	0.80	9.04	48.28	16.12	25.82	44.52	45.61	0.92	13.30
9	ВГ4 Ил пелитовый	2.40	4.37	1.61	1.30	38.30	61.74	0.47	13.37	29.21	39.36	17.20	31.77	104.40	1.14	4.75
10	БМ1 Ил алеврогово-пелитовый	2.11	3.84	1.26	0.99	44.33	55.65	0.32	8.12	31.71	32.95	24.78	24.31	115.70	0.61	2.89
11	БМ2 Ил алеврогово-пелитовый	2.95	5.37	1.40	0.86	41.79	57.22	0.57	12.45	33.54	27.99	22.29	35.71	162.80	0.63	2.14
12	БМ3 Ил алеврогово-пелитовый	3.85	7.01	1.57	0.83	38.85	61.14	0.39	8.14	29.85	32.17	28.33	27.86	228.20	0.34	0.88
13	МП1 Ил пелитовый с $H_2S$	1.08	1.97	1.14	0.58	46.64	53.38	0.23	3.01	31.33	31.25	29.79	18.46	120.00	0.91	8.43
14	МП2 Ил пелитовый с $H_2S$	0.67	1.22	1.10	0.83	47.60	52.40	0.56	7.44	46.23	23.98	20.98	35.75	55.91	1.29	19.25
15	МП3 Ил алевроговый с гравием	0.93	1.69	1.22	0.96	45.13	54.85	0.24	4.31	27.20	31.70	34.08	19.50	109.60	0.92	9.89
16	МП4 Ил алевроговый песчан.	0.98	1.78	1.23	0.78	44.84	55.17	0.46	5.63	42.18	24.77	25.61	31.53	59.59	1.53	15.60
17	МП5 Ил алевроговый песчан.	1.32	2.40	1.04	0.95	49.01	50.99	0.11	2.29	21.13	33.81	40.14	10.11	153.10	4.11	31.14
18	МП6 Ил алеврогово-пелитовый	1.98	3.60	1.01	1.11	49.83	50.19	0.38	12.17	28.88	31.63	26.31	27.64	97.63	0.79	3.99
19	МП7 Ил алевроговый песчан.	0.49	0.89	1.18	0.86	45.49	54.51	0.19	2.67	28.58	39.08	26.96	15.48	79.19	1.34	27.35
20	МП8 Песок мелкозернистый	0.28	0.51	0.97	0.84	50.68	49.13	0.41	6.46	42.64	29.22	20.16	28.94	43.85	1.35	48.31
Средние значения		1.68	3.05	1.26	0.99	45.01	54.79	0.48	7.97	43.95	28.53	25.55	29.85	124.61	1.05	

Условные обозначения: МП – заброшенные мидиевые плантации; ВГ – Воронья губа; БМ – губа Бабы море; о. Ол – литораль острова Олений.

нефтяных УВ – монотонное распределение гомологов, с повышенным содержанием изопреноидов. Одним из наиболее четких критериев определения нефти в морской среде является наличие на хроматограмме (ст. 49, рис. 2) “горба” неразделенных ГЖХ соединений в основном они представлены цикланами и нафтеноароматическими соединениями. Ст. 49 является типичной для распределения всего спектра алканов от низкомолекулярной до высокомолекулярной составляющей (с наличием “горба”). Это указывает на постоянные поступления УВ как техногенных, так и терригенных в донные осадки. Существенно отличается от ст. 49 станция о. Ол, где в спектре представлены алканы в основном биогенного происхождения (таблица) содержание  $CPI < 1$  (на ст. 49  $CPI > 1$ ), содержание  $C_{11}-C_{22}$  65.13% при небольшом содержании 34.85% высокомолекулярных алканов, хотя она расположена в непосредственной близости от нефтебазы. При биодеградации алканов арктической морской микрофлорой преимущественно утилизируются низкомолекулярные гомологи  $< C_{20}$  и относительно мало потребляются высокомолекулярные алканы, т.е. в процессе седиментации в составе алканов взвеси в результате биодеградации избирательно сохраняются высокомолекулярные алканы [2].

В нашем случае можно предположить, что в прибрежном песке литорали в зоне повышенной гидродинамики за счет приливно-отливных течений происходит разложение и удаление из осадка части ОВ. При этом сохраняются наиболее стойкие углеводороды. Судя по доминированию  $C_{16}-C_{20}$ , большая часть ОВ представлена остатками планктонного ОВ. В таких осадках (ст. 49, ВГ 4, МП 5, МП 7, МП 8) соотношение алканов в % от  $C_{орг}$  колеблется от 13.3 до 60%, что совершенно необычно для подавляющей части изучаемых осадков. Видимо это связано с глубокими процессами диагенетического преобразования ОВ.

В целом на разрезе от нефтебазы до о. Ряшков во всех пробах присутствуют загрязнения осадков трансформированными нефтепродуктами. Отношение пристан/фитан в изучаемых пробах на разрезе довольно высокое, кроме ст. 1, 2 (рис. 3). Это отношение является индикатором условий седиментации и раннедиагенетической трансформации ОВ. Малая величина отношения  $Pr/Ph$  отражает влияние восстановительных условий на преобразование ОВ в осадках. Таким образом высокое содержание изо соединений на разрезе свидетельствует об активной биодеградации алканов. Индекс нечетности –  $CPI$  в исследуемых пробах на разрезе колеблется от 0.6–1.9. Повышенная величина  $CPI$  для углеводородов в районе, где находится нефтяное загрязнение, не может адекватно отражать генезис УВ, а скорее может свидетельствовать о значительной роли

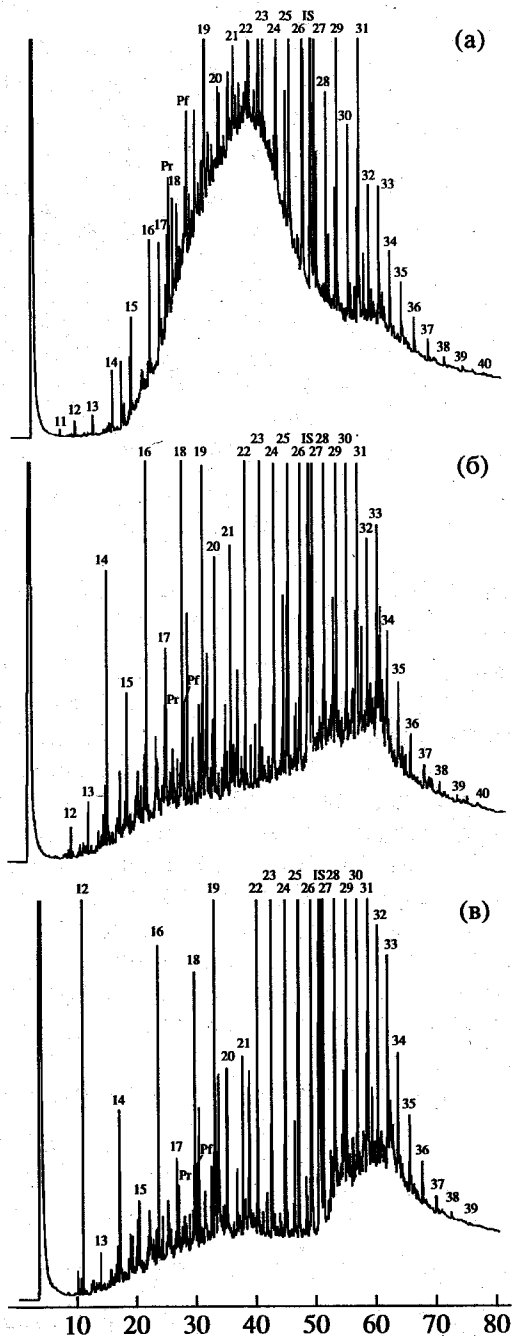


Рис. 2. Типичные хроматограммы распределения  $n$ -алканов в донных осадках (а) – вблизи нефтебазы; (б) – Воронья губа; (в) – заброшенные мидиевые плантации.

наземной растительности в формировании состава ОВ.

Особое внимание в работе было уделено исследованиям содержания УВ в донных осадках отобранных в Вороньей губе и Бабьем море. Эти заливы являются практически “отстойниками”, где из-за затруднения водообмена происходит накопление большого количества как техногенных, так и природных органических соединений. Сум-

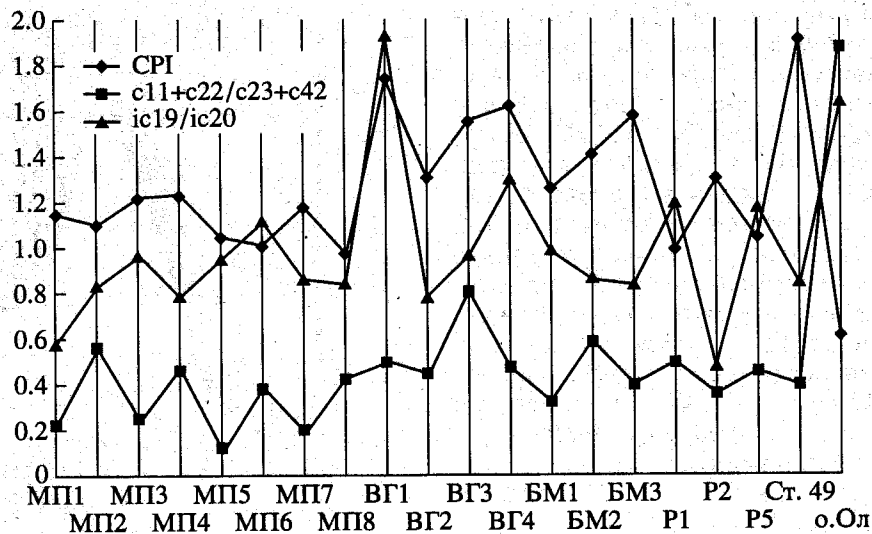


Рис. 3. График распределения различных параметров, определяющих генезис ОВ в донных осадках по станциям.

марное количество УВ колеблется от 45.6 до 228.2 мкг/г воздушно-сухого осадка, что сравнимо с концентрациями в пробах, расположенных вблизи нефтебазы (таблица). Анализ состава алканов в донных осадках в рассматриваемых районах свидетельствует почти о равных долях в составе ОВ, как биогенных морских УВ, так и остатков наземной растительности (таблица, рис. 4). Небольшая величина "горба" и доминирование гомологов  $C_{23}-C_{31}$  указывает на то, что техногенные углеводороды прошли на пути поступления в донные осадки интенсивные преобразо-

вания (рис. 2). Индекс CPI колеблется в пределах от 1.30 до 1.73, что также указывает на постоянный источник терригенного растительного материала в донные отложения губ. Это также подтверждается низкой величиной  $C_{11}-C_{22}/C_{23}-C_{42}$  (таблица, рис. 4), используемого для приблизительной оценки генезиса ОВ в донных осадках. В исследуемых губах из-за поступления большого количества ОВ идут активные окислительно-восстановительные процессы, которым способствует высокая скорость осадконакопления, ведущая к захоронению большей части ОВ. В губах подавляющее количество осадков имеет серо-черный цвет из-за присутствия гидротроилита. Осадки имеют запах сероводорода. Сравнительно небольшая величина отношения  $Pt/Ph$  указывает на влияние восстановительных условий на преобразование ОВ в осадках. Все эти факторы — активная седиментация, затрудненный водообмен и малые глубины, а также большое поступление органических остатков в донные осадки приводит к заилению губ (образованию "отстойников") и к дальнейшему отшнуровыванию их от открытых частей Кандалакшского залива, превращению губ в озера.

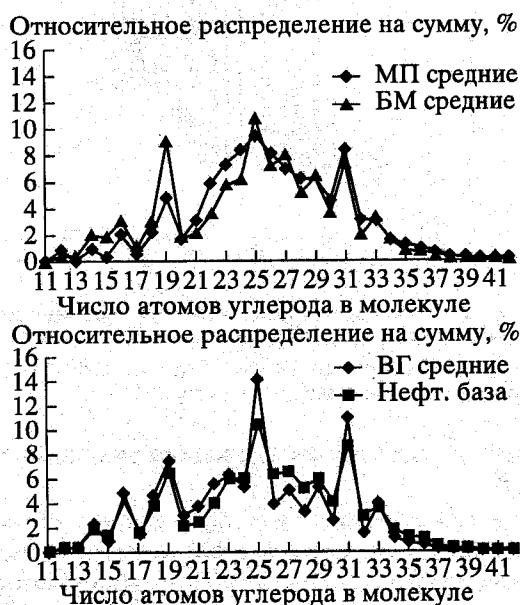


Рис. 4. Сравнительное распределение n-алканов в донных осадках исследуемых районов Кандалакшского залива (усл. обозначения см. таблицу).

Также особый интерес представляет собой разрез от открытой части залива к заброшенным мидиевым плантациям до открытой части залива. Эти плантации можно рассматривать как дополнительный антропогенный фактор, довольно сильно влияющий на экологическую обстановку в данном районе. Бесхозяйственность в разведении мидий привела к тому, что дно залива усеяно оборвавшимися тросами с нарощенными на них мидиями. Заиление песчаных осадков остатками гниющих мидий привело к образованию тонких илов с резко выраженными восстановительными

условиями (везде присутствует запах  $H_2S$ ). Постоянно обрывающиеся в зимних условиях троса с мидиями привлекают в акваторию большое количество морских звезд, которые питаются моллюсками. Довольно активная гидродинамика этого района не справляется с таким количеством биогенного материала и не способствует разнесу его на большие расстояния. Несмотря на активные гидродинамические условия этого района большое количество биогенного материала остается и слой илов уже составляет ~20 см и продолжает увеличиваться с каждым годом. Такое локальное воздействие человека на данную акваторию может привести к изменению фациальных условий естественного развития донной биоты. Литологический состав осадков данного разреза не отличается пестротой и особым разнообразием. В непосредственной близости от мидиевых плантаций и на них осадки представлены тонкими пелитовыми илами серо-черного цвета с запахом  $H_2S$  (ст. 1, 2) переходящими по мере удаления от центра (ст. 2 по 7) в алевритово-пелитовые илы с примесью песчанистого материала. На ст. ст. 1, 2 илы сильно насыщены остатками ракушек мидий. Абсолютные концентрации УВ колеблются от 43.05 до 153.1 мкг/г воздушно-сухого осадка, что сопоставимо с концентрациями других исследованных районов Кандалакшского района (таблица). Нефтяное загрязнение выражено слабо, но по анализу хроматограмм (рис. 2), при наличии низкомолекулярных составляющих спектра алканов ( $C_{12}-C_{16}$ ), можно предположить наличие в осадках остатков дизельного топлива. Удаленность данного разреза от промышленных центров, а также наличие больших глубин позволяют сделать вывод о том, что большая часть нефтепродуктов захороняется в стороне от плантаций в более глубоководной части залива. Анализ состава алканов показывает, что в осадках присутствует в основном ОВ, представленное терригенными остатками высшей наземной растительности с максимумами в области  $C_{23}-C_{31}$ , но в то же время немаловажной остается роль низкомолекулярных соединений  $C_{12}-C_{22}$ , представленных остатками гидробионтов (таблица, рис. 4). Наличие большого числа донной фауны (морские звезды, активно поедающие остатки мидий) также подтверждает этот вывод. Появление высоких концентраций  $C_{16}$  в верхнем слое донных осадков плантаций по всей видимости является результатом его образования при трансформации липидов взвеси в процессе седиментации на границе вода-дно в восстановительных условиях [1]. Отношение пристан/фитан относительно мало и колеблется от 0.53 до 1.11. Влияние восстановительных условий в осадках на преобразование ОВ достаточно высоко. Для приближенной оценки генезиса ОВ используется отношение  $C_{11}-C_{22}/C_{23}-C_{42}$  и в нашем случае оно в среднем меньше, чем в других исследуемых

районах, что указывает на меньшую поставку терригенного ОВ в прибрежные осадки данного района по сравнению с другими. Индекс СР1 колеблется от 0.97 до 1.13, что может предполагать довольно глубокий уровень диагенетического преобразования ОВ в осадках. Все эти факторы говорят о большей роли природных УВ, по сравнению с техногенными в составе ОВ осадков заброшенных мидиевых плантаций.

## ВЫВОДЫ

1. Содержания УВ в верхнем слое (0–5 см) донных осадков Кандалакшского залива Белого моря ( $n = 20$  проб) колеблется от 43.8 до 305.7 мкг/г воздушно-сухого осадка и от 0.88 до 60% от  $C_{орг}$ . Установлено, что основная часть УВ накапливается в тонких пелитовых илах в глубоководных частях залива, а также в его губах.
2. Состав *n*-алканов донных осадков Кандалакшского залива характеризуется сильной изменчивостью основных компонентов:  $C_{16}$ ,  $C_{17}$ ,  $C_{19}$  и  $C_{26}$ ,  $C_{27}$ ,  $C_{29}$ ,  $C_{31}$  в составе органического вещества донных осадков, представленных биогенными УВ морского генезиса, УВ наземного происхождения и примесью техногенных УВ. Установлено увеличение содержания в донных осадках высокомолекулярных алканов  $C_{23}-C_{35}$ , связанное с высокой скоростью микробиологической трансформации ОВ в верхних слоях осадков. Установлено наличие нефтяного загрязнения в верхнем слое донных осадков на разрезе от нефтебазы до открытых частей Кандалакшского залива, а также накопление значительной части техногенного ОВ в губах залива. Плохо промываемые губы залива являются как бы "отстойниками" антропогенных загрязняющих веществ.
3. Важным фактором, определяющим состав алканов в губах и на мидиевых плантациях является восстановительная среда в осадках, вследствие поступления в верхние слои осадков большого количества терригенного и техногенного ОВ, а также высокой степени трансформации ОВ в процессе седиментации.
4. В осадках района заброшенных мидиевых плантаций в составе *n*-алканов преобладают УВ, синтезированные морской биотой. По мере продвижения в центральную часть залива в донных осадках увеличивается примесь терригенных и техногенных алканов.
5. Анализ состава алканов свидетельствует о преимущественно терригенном составе ОВ в донных осадках исследованного района, а также о высокой степени трансформации ОВ в процессе седиментации.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляева А.Н.* Алканы и связанные жирные кислоты в донных осадках Болгарского шельфа. М.: Корд. центр стран-членов СЭВ, 1987. С. 80–94.
2. *Беляева А.Н., Шелагина И.А.* Роль сорбционных процессов в формировании состава алканов терригенных донных осадков // Докл. АН СССР. 1993. Т. 331. № 5. С. 599–602.
3. *Максимова М.П.* Гидрохимия Белого моря. Автореферат дисс. докт. географ. наук. М. 1990. 51 с.
4. *Немировская И.А., Зарецкас С.А.* Углеводороды донных осадков Рижского залива // Геохимия. 1992. № 11. С. 1493–1501.
5. *Пересыпкин В.И., Щербаков Ф.А.* Органический углерод и лигнин в верхнем слое донных осадков Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. 1992. Т. 32. № 6. С. 1051–1058.
6. *Романкевич Е.А.* Связь органического вещества взвеси донных осадков и бентоса с биологической продуктивностью // Докл. АН СССР. 1971. Т. 198. № 5. С. 1179–1182.

## Supply and Distribution of Alkane-Naphthene Hydrocarbons in Bottom Sediments of the Kandalaksha Gulf of the White Sea

V. I. Peresypkin, A. V. Aleksandrov

Data of the organic carbon ( $C_{org}$ ) and a alkane-naphthene hydrocarbon (HC) distribution in the upper sediment layer of the Kandalaksha Gulf of the White Sea are presented. The concentration of HC is found to vary from 43.8 to 305.7  $\mu\text{g/g}$  (0.88–60%  $C_{org}$ ). Oil pollution in the surface layer of bottom sediments in a section from the oil-station to the open part of the gulf has been found. A large part of technogenic and terrigenous organic matter is shown to be accumulated in thin pelite silts in deep parts of the gulf and its bays. Analysis of the alkane composition shows that the major proportion of the organic matter has terrigenous origin together with a high degree of its transformation in the process of sedimentation.