



**ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЦИОНАЛЬНОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ БЕЛОГО МОРЯ**



УДК 592: 574.52 (268.46)

Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов Белого моря. – СПб, 2017. 274 с.

Сборник включает материалы устных и стендовых сообщений, представленных на XIII Всероссийскую конференцию с международным участием «Изучение, рациональное использование и охрана природных ресурсов Белого моря», приуроченную к 60-летию основания полевого стационара Беломорской биологической станции ЗИН РАН Мыс Картеш. Основные темы, затронутые на конференции – климат и тенденции наблюдаемых изменений; гидрохимия и водный баланс Белого моря; структура, функционирование и продуктивность экосистем Белого моря; биоразнообразие, таксономия и морфология растений и животных Белого моря; экология, физиология, биохимия и генетика беломорских организмов; состояние воспроизводства, запасов, марикультура и динамика вылова промысловых биоресурсов Белого моря и впадающих в него рек; социально-экономическое развитие Беломорья. Кроме того, представлены доклады об истории, развитии и работе морских биостанций, а также ретроспективные обзоры научных направлений на Беломорской биологической станции Мыс Картеш.

Сборник предназначен для гидрологов, экологов, гидробиологов, ихтиологов, работников рыбодобывающих и природоохранных организаций, специалистов в области аквакультуры и студентов соответствующих специальностей.

Главный редактор:

Директор Зоологического института академик РАН *О. Н. Пугачев*

Ответственный редактор:

Заведующий Беломорской биостанцией ЗИН РАН *А. А. Сухотин*

*Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту № 17-04-20562*



ПРОИСХОЖДЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ БЕЛОГО МОРЯ

И.А. Немировская, З.Ю. Реджепова, А.М. Титова, А.В.Медведева

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
e-mail: nemir@ocean.ru*

Нефть и нефтепродукты, попадающие в водную среду естественных водоемов, очень скоро перестают существовать как исходные субстраты. Их судьба характеризуется последовательными биогеохимическими процессами: испарением, эмульгированием, растворением, окислением, образованием агрегатов, седиментацией, биodeградацией, включающей микробное разрушение и ассимиляцию планктонными и бентосными организмами. Наличие снежно-ледяного покрова меняет поведение нефти, так как создаются два дополнительных барьера: снег-лед и лед-вода. При низких температурах происходит замедление скорости испарения легких фракций, повышение плотности сырой нефти, снижение ее текучести (возможность затвердевания некоторых типов нефтей), ограничение подвижности за счет абсорбции нефти на поверхности льда и накопления в пористых наслоениях, каналах и пустотах ледового покрова. При определении загрязненности морских сред нефтяными углеводородами необходимо знать их фоновые уровни, так как распространение антропогенных углеводородов идет на существующем в природе устойчивом биогеохимическом фоне во всех формах миграции (Немировская, 2013). Для оценки экологического состояния Белого моря было проведено изучение углеводородов (алифатических и полициклических ароматических – ПАУ) в снежно-ледяном покрове, в водах и в донных осадках Белого моря. Цель исследования – определить уровни и происхождения углеводородов (в том числе загрязненность моря нефтепродуктами) в различных средах.

Исследования, проведенные в кутовой части Кандалакшского залива и в устье Северной Двины показали, что большая площадь поверхности делает снег и лед эффективными ловушками для переносимых воздухом соединений, поступающих из атмосферы и из воды во время ледостава, в том числе и углеводородов. Несмотря на низкие зимние температуры, в пограничных слоях снег-лед и лед-вода интенсивно происходят как процессы разложения, так и синтеза органических соединений. В снеге и верхней части керна льда, минеральная часть преобладала над биологической. Видовое разнообразие водорослей последовательно повышалось от снега к нижней части льда, где минеральные частицы так же, как и продукты сгорания, практически не встречались. За счет накопления на границе лед-вода питательных веществ создаются благоприятные условия для развития здесь диатомовых водорослей. В тоже время, при высоких концентрациях углеводородов в загрязненной нефтепродуктами подледной воде, может происходить их поглощение льдом, как это наблюдалось в устье Северной Двины. Большое количество взвеси во льдах, а также гидрофобные свойства углеводородов обуславливают преимущественное содержание их во взвешенной форме даже в фоновых арктических и антарктических районах (Немировская, 2013). Распределение углеводородов в снежно-ледяном покрове Белого моря отличается простран-

ственной и временной изменчивостью их концентраций от года к году даже в одном и том же районе. Обусловлено это, прежде всего, состоянием самого снежно-ледяного покрова. Снег становится накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы и с поверхности моря – эффект «промокашки». Поэтому концентрации углеводородов в снеге Белого моря выше, чем в фоновых районах Арктики и Антарктики. Низкая доля углеводородов среди других органических соединений обусловлена составом выбросов их в атмосферу. Загрязненность арктической атмосферы из-за отопления жилищ повышается от ноября к марту, и содержание углеводородов значительно превышали их концентрации в фоновых акваториях. Поэтому в марте 2015 в губе Ругозерской, установили более высокое содержание углеводородов (40–92, в среднем 60 мкг/л, $n=7$, $\sigma=17$). Однако их концентрации были ниже, чем в другом районе Кандалакшского залива – в губе Чупа в марте 2004 г.: 80–239 мкг/л. В тоже время даже в феврале в составе взвеси снега губы Ругозерской наряду с диатомовыми водорослями и минералами обнаружена окалина, зола ТЭЦ, зола от сжигания угля.

Однолетние льды Белого моря фиксируют состояние поверхностного слоя вод в период замерзания. Особенности формирования припая приводят к изменчивости концентраций углеводородов в разных слоях льда. Верхний слой льда аккумулирует соединения, поступающие со снегом, а при погружении льда в воду из поверхностных вод. Содержание и состав углеводородов в нижнем слое льда зависят не только от их концентраций в подледной воде, но от интенсивности биогеохимических процессов в пограничном слое вода–лед. Поэтому во льдах Белого моря концентрации углеводородов могут быть ниже, чем в паковых льдах Северного Ледовитого океана и припайных льдах Антарктики

В воде, взвесь и биоте в составе углеводородов преобладают природные соединения, что обусловлено быстрой трансформацией антропогенных углеводородов даже при низких температурах. С 1993 г. содержание углеводородов в водах Белого моря оставалось практически неизменным и сопоставимым с таковым в шельфовых водах Мирового океана (18–20 мкг/л). В поверхностных водах средние концентрации алифатических углеводородов уменьшаются в последовательности: Двинский зал. (23 мкг/л, $n=5$) > Кандалакшский зал. (20, $n=10$) > Горло (18, $n=4$) > Бассейн (12 мкг/л, $n=5$). Средние концентрации алифатических углеводородов в прибрежных районах Двинского и Кандалакшского заливов не достигают величины ПДК для нефтяных углеводородов, однако их повышенное содержание в составе липидов, а также состав алканов и ПАУ указывают на влияние антропогенных источников.

На границе река–море распределение углеводородов подчиняется закономерностям маргинального фильтра (Лисицын, 2014). Изменение гидрофизических и гидробиологических характеристик здесь обуславливает своеобразие седиментационных процессов, изменчивость содержания и состава, как алифатических углеводородов, так и ПАУ в донных осадках. Нефтяные и пирогенные углеводороды осаждаются при смешении речных вод с морскими и не попадают в открытые воды Белого моря. Поэтому в противоположность бытующему мнению, что главное загрязнение несут реки, полученные дан-

ные показали, что барьер река–море выступает в качестве фильтра и загрязнение практически не попадают в открытые районы моря. Это явление характерно для эстуарных областей Волги, Даугавы, Дуная и других рек, т.е. проявляется вне зависимости от климатических зон.

Активные процессы трансформации углеводородов в толще воды и на границе вода–дно приводят к тому, что в составе алканов донных осадков доминировали природные компоненты. Обусловлено это тем, что, несмотря на низкие температуры, скорости окисления органических соединений в арктических морях сопоставимы с их скоростями в умеренных и тропических широтах. Поэтому и состав алканов и ПАУ определяют преимущественно природные углеводороды. Однако во время половодья в устье Северной Двины в составе ПАУ преобладали нефтяные и пирогенные гомологи. Высокие концентрации флуорантена и пирена в осадках могут быть обусловлены поступлением с аэрозолями продуктов сгорания различных видов топлива. Флуорантен, как наиболее стабильный из идентифицированных полиаренов, доминирует во многих водных объектах даже в районах, удаленных от источников загрязнения (Немировская, 2013). Поэтому повышенные концентрации флуорантена могут указывать на то, что пирогенные полиарены уже в достаточной степени трансформированы. В осадках вблизи источников горения доля пирена обычно выше, чем флуорантена, и при выпадении антропогенных аэрозолей вблизи мест формирования соотношение в них молекулярных масс ПАУ сохраняется (АМАР, 2007).

Наиболее высокие концентрации углеводородов в воде (в среднем 54 мкг/л) и в осадках (в среднем 75 мкг/г), установлены в отшнуровывающихся озерах Кандалакшского залива. Однако при высокой концентрации здесь органических соединений (средняя концентрация $C_{орг}$ в донных осадках 6.1%) доля алифатических углеводородов в составе $C_{орг}$ была низкой (в среднем 0.09%). Среди алканов осадков в этих районах в отдельных пробах доминировал гомолог фитопланктона (н- C_{17}), в других серия нечетных гомологов н- C_{25} – C_{31} . Источником формирования такого состава являются продукты разложения отмерших водорослей, скапливающихся в природных ловушках в этих озерах.

Установлено, что поступающие нефтяные загрязняющие вещества повышают в осадках уровень углеводородов, создавая тем самым современный углеводородный фон. Эти результаты были получены при изучении углеводородов не только в Белом, но и в Карском, Лаптевых, Баренцевом и Печорском морях (Немировская, 2013). Мониторинг наиболее стойких органических поллютантов – ПАУ, пестицидов, бифенилов, диоксинов, фуранов и т.д., а также некоторых металлов также установил, что их уровень в осадках незначительный (Monitoring., 2011). Судоходство и добыча топлива как источник нефтяного загрязнения Арктики может представлять определенную опасность только на акваториях, прилегающих к портам и трассам интенсивных морских перевозок (например, кутовые части Кандалакшского и Двинского заливов). На основной части арктических морей этот фактор пока не играет заметной роли (Немировская, 2013; АМАР, 2007). Поэтому вывод о том, что реки являются основным источником нефтяного загрязнения шельфа арктических морей, явно преувеличен.

Список литературы

Лисицын А.П. 2014. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер земли. // Мировой океан Т. 2. М.: 331–571.

Немировская И.А. 2013. Нефть в океане (загрязнение и природные потоки). М.: 432.

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) 2007. Chapter 4. Sources, Inputs and Concentrations of Petroleum Hydrocarbons, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and other Contaminants Related to Oil and Gas Activities in the Arctic. Oslo: 1–87.

Monitoring of hazardous substances in the White Sea and Pechora Sea: harmonisation with OSPAR's Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). 2011. Tromsø: 1–71.