

Нефтяные **УГЛЕВОДОРОДЫ** в ВОДОЕМАХ БЕЛОМОРСКО- БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА

Проведены исследования нефтяных углеводородов в воде и донных отложениях водоемов Беломорско-Балтийского канала в летний период 2007-2009 гг. Дана экологическая оценка загрязнения водных объектов. Показано, что концентрации нефтяных углеводородов в воде (до 0,25 мг/л) превышают значения ПДК. Их содержание в донных отложениях (до 4490 мкг/г) превышает фоновые значения. Захоронение тяжелых фракций нефтепродуктов в донных осадках превращает их в опасный источник вторичного загрязнения.

Введение

Нефть — сложнейшая смесь углеводородов, основу которой составляют три группы — алканы, нафтены и арены. Нефтяные углеводороды (НУ) используются в качестве источника энергии, топлива, а также для получения синтетических каучуков, волокон, пластмасс, поверхностно-активных веществ, моющих средств, пластификаторов, присадок, красителей и др. НУ — токсические вещества, которые оказывают влияние на все живые организмы [1]. Контроль над содержанием НУ является необходимой частью мониторинга водной среды. Загрязнение поверхностных вод НУ зависит от освоенности водоема в целом (интенсивности судоходства, индустриализации побережья, численности населения и т.д.), поскольку значительная часть НУ попадает в воду при нормальных безаварийных ситуациях с бытовыми и промышленными стоками, стоками с дорог и с атмосферным переносом [2-5].

Водоемы Беломорско-Балтийского канала (ББК), на берегах которого расположены крупные населённые пункты Республики Карелия (Повенец, Сегежа, Надвоицы, Сосновец и Беломорск), подвержены хро-

ническому загрязнению НУ. Экологическая оценка нефтяного загрязнения ББК никогда не проводилась. В программу мониторинга водных объектов Республики Карелия включен только наиболее крупный водный объект — Выгозерское вдхр. Наблюдения, проведенные на этом водоеме в 1991-2005 гг., показали, что концентрация НУ в воде колебалась от 0,02 до 0,07 мг/л. Донные отложения (ДО) северной части Выгозера в 90-е годы были загрязнены НУ (до 500 мкг/г) [6].

Целью данного исследования являлась оценка нефтяного загрязнения водоемов Беломорско-Балтийского водного пути.

Н.А. Белкина*,

кандидат географических наук, старший научный сотрудник. ФГБУН Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук

О.В. Панюшкина, аспирант, ФГБОУ ВПО Петрозаводский государственный университет

Материалы и методы исследования

ББК, обеспечивающий на территории России водную связь между Балтийским и Белым морями, был открыт 2 августа 1933 г. Питание водой канала естественное. Длина канала 227 км, максимальная глубина 5 м. Сооружения канала включают 128 объектов. На его базе действует историко-культурный комплекс «Беломорско-Балтийский канал», который представляет собой систему гидротехнических сооружений, жилищных и административных зданий, памятных мест принудительного труда и места захоронения погибших политических узников сталинских времён.

В летний период 2007-2009 гг. на водоемах ББК были отобраны пробы воды (горизонт наблюдения 0,5 м) и ДО (поверхностный слой 0-5 см). Схема станций отбора проб представлена на *рис. 1*. На трассе Северного склона канала (шлюзы №№8—19) было 16 станций, в том числе: Выгоостровский бьеф (ст. №63), Маткоженский бьеф (ст. №12), Парандовский плес (ст. №47), озера Воицкое (ст. №27) и Шавань (ст. №31), а также Выгозерское вдхр. (ст. №№7, 30, 69, 201, 208, 210, 213, 214, 220, 312). На Южном склоне (шлюзы №№1-7) — 3 станции (озера Торос, Маткозеро и Волозеро).

*Адрес для корреспонденции: bel110863@mail.ru

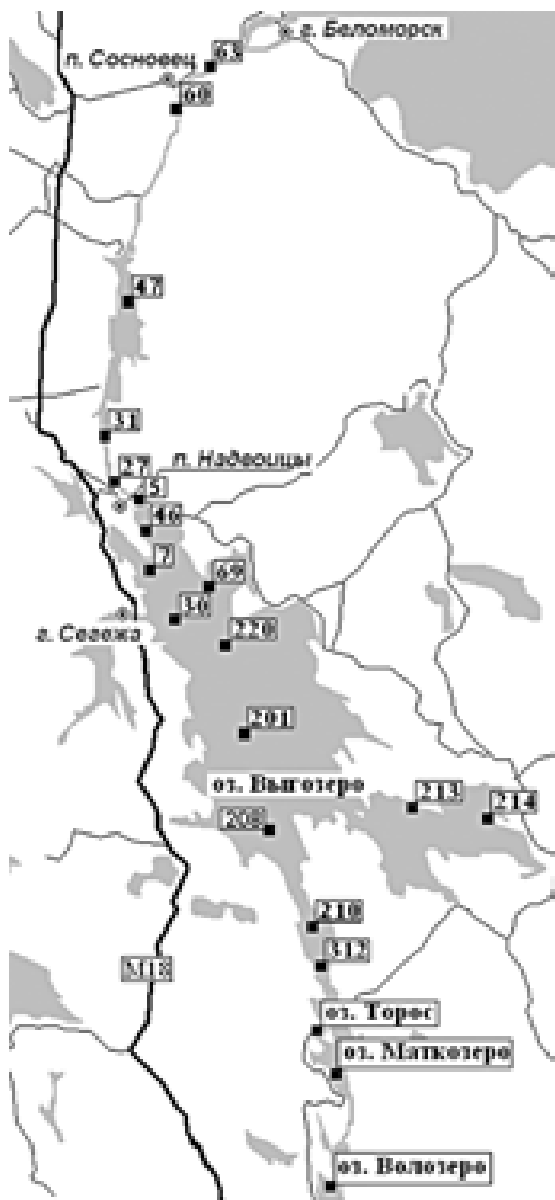


Рис. 1. Схема станций отбора проб.

Химические анализы воды и ДО выполнялись в лаборатории гидрохимии и гидрогеологии, имеющей аккредитацию Госстандарта России [6-8]. Суммарное количество НУ определяли методом ИК-спектроскопии после экстракции НУ четыреххлористым углеродом и их хроматографического отделения от сопутствующих органических соединений других классов (ПНДФ 16.1:2.2.22-98).

Результаты и их обсуждение

Содержание нефтепродуктов в воде водоемов ББК в период наблюдений изменялось в пределах от 0,02 до 0,25 мг/л.

Необходимо отметить, что в августе 2010 г. концентрации НУ во всех исследованных пробах воды превышали значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л). Причем для некоторых объектов это превышение было более чем в четыре раза (0,21 мг/л — Выгоостровский бьеф, оз. Шавань, оз. Волозеро, 0,22 мг/л — оз. Маткозеро, 0,23 мг/л — оз. Воицкое). Уровень загрязнения НУ водоемов ББК сравним с концентрациями шельфовых зон морей, используемых не только для морского промысла и разработки нефтегазовых месторождений, но служащих приемником речного стока [9]. Фоновые характеристики НУ для водоемов Карелии (0,00-0,02 мг/л) намного ниже наблюдаемых нами значений [6]. Сравнение концентраций НУ в воде разных р-нов Выгозерского вдхр. показывает, что превышение значений ПДК наблюдается на станциях, расположенных непосредственно на судовом пути (ст. 208, 210, 312) (рис. 2). Следовательно, можно сделать вывод о том, что в настоящее время судоходство является главным источником загрязнения нефтепродуктами водоемов ББК. Этот вывод подтверждают и данные мониторинговых исследований Онежского озера, когда максимум содержания НУ в районах интенсивного судоходства фиксируется в летний период (например, для Кондопожской губы до 0,37, среднее 0,07 мг/л), в то время как зимой загрязнение по судовому ходу не прослеживается [6].

При попадании в водную среду нефть растекается в виде пленки и образует слои различной мощности. По цвету пленки можно определить ее толщину [2]. В шлюзах ББК на поверхности воды повсеместно наблюдались следы окраски и ярко окрашенные разводы, характерные для НУ (табл. 1). Столь интенсивное загрязнение является результатом эксплуатации судов в момент шлюзования и говорит об экологической опасности двигателей, используемых в режиме минимальных оборотов.

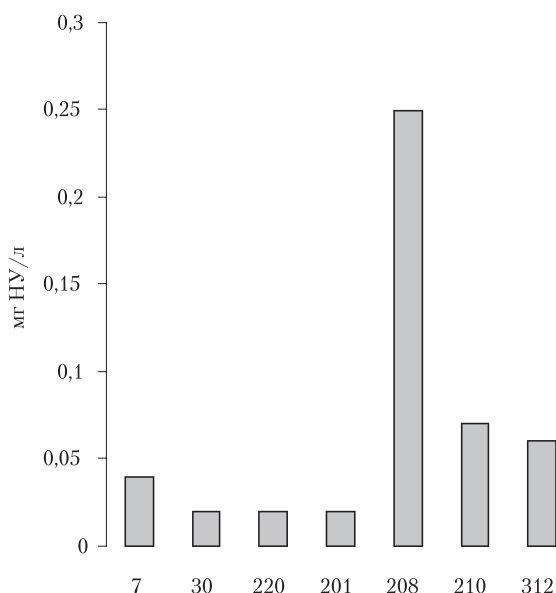


Рис. 2. Содержание НУ в воде Выгозерского вдхр. в июле 2007 г. (по оси абсцисс — номера станций отбора проб по разрезу с севера на юг).

Процесс седиментации является одним из механизмов выведения НУ из водной среды. Гидрофобные по своей природе углеводороды с большим октановым числом хорошо сорбируются на взвешах и осаждаются на дно. Кроме того, около 20-50% нефтепродуктов в балластных, промывочных и подсланевых водах способны образовывать агрегаты, состав которых весьма изменчив, но его основу обычно составляют асфальтены (до 50%) и высокомолекулярные соединения тяжелых фракций нефти. Эти смолисто-мазутные образования тяжелее воды и при попадании в водоем также опускаются на дно [10]. Небольшие размеры и малые глубины водоемов ББК позволяют предполагать быстрое осаждение и накопление НУ в ДО, поэтому особое внимание в нашей работе было уделено исследованию осадков, залегающих в углублениях дна водного пути.

Исследованные ДО представлены крупноалевритовыми илами темных тонов зеленых и коричневых оттенков. В Северном Выгозере отмечены признаки загрязнения ДО сточными водами Сегежского целлюлозно-бумажного комбината (твердые отходы производства, илы черных оттенков, неприятный запах). В центральной части Выгозерского вдхр. обнаружены рудные образования (гранулы и корки). Распределение ДО по дну р. Нижний Выг неоднородно, в осадках много древесных и растительных остатков. При взмучивании в избытке воды иловых накоплений малых водоемов ББК на поверхности воды образовывались пленки НУ. В ДО Парандовского плеса, озер Волозеро и Воицкое обнаружены нефтяные сгустки (табл. 1).

По химическому составу иловые накопления Выгоостровского и Маткоженского бьефов, озер Воицкого и Торос, а также пески оз. Шавань относятся к минеральным осадкам (П.П.П. < 30%, здесь и далее приводятся данные, рассчитанные на воздушно-сухой вес осадка). Содержание органического вещества в ДО Парандовского плеса, озер Маткозеро и Волозеро, а также в илах аккумуляционных зон Выгозерского вдхр. превышает 30% (максимальные значения 49%, ст. 201). Концентрации растительных пигментов в ДО соответствуют мезотрофному статусу водоемов. Так, содержание хлоро-

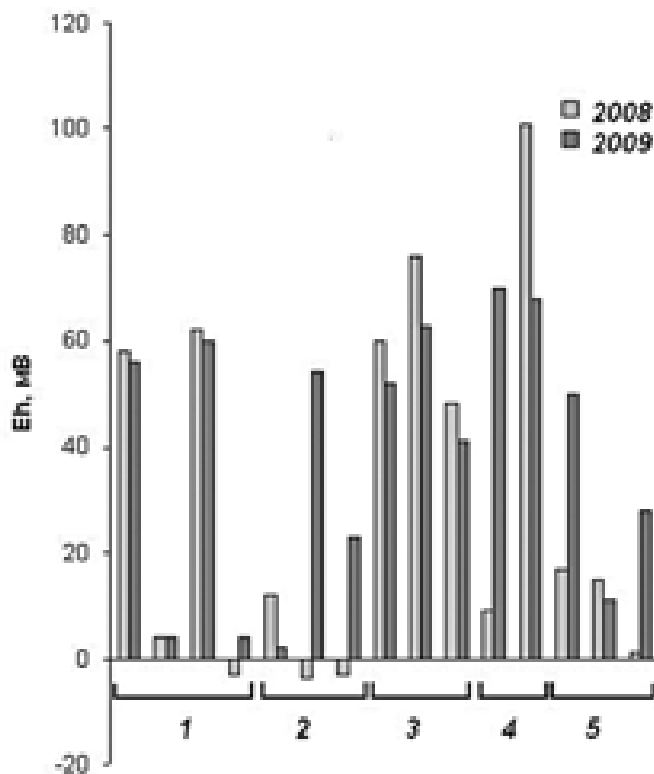


Рис. 3. Окислительно-восстановительный потенциал ДО водоемов ББК: 1 - Северный склон ББК; 2 – северный, 3 – центральный, 4 – южный районы Выгозерского вдхр.; 5 – Южный склон ББК.

фила α изменяется в пределах от 15 (ст. 5) до 530 (ст. 220), среднее значение 179 мкг/г. Содержание $N_{орг.}$ изменяется от 0,03 (ст. 31) до 0,75% (ст. 220), среднее значение 0,49%, азот аммонийный – в пределах от 0,000 (ст. 31) до 0,015% (ст. 220), среднее значение 0,006%. Содержание $P_{общ.}$ изменяется от 0,056 (ст. 5) до 0,277% (ст. 220), среднее значение 0,17%, $P_{мин.}$ находится в пределах от 0,007 (ст. 31) до 0,193% (оз. Маткозеро), среднее значение 0,127%. Концентрации железа изменяются от 0,8% (ст. 5) до 16,1% (ст. 220), среднее значение 4,0%. Концентрация марганца – от 0,03 (ст. 5) до 1,63% (ст. 220), среднее значение 0,35%, что намного выше кларкового значения (0,01%).

Несмотря на присутствие кислорода в придонных водах, по физико-химическим характеристи-

Таблица 1

Визуальные наблюдения НУ на водоемах ББК (2007-2009 гг.)

Внешний вид	Толщина пленки НУ, мкм	Где наблюдались
Серебристый отблеск	0,076	При взмучивании ДО (озера Торос, Маткозеро, Волозеро, Воицкое, Выгоостровский бьеф, Парандовский плес)
Следы окраски	0,152	На поверхности воды в шлюзах ББК; при взмучивании ДО (озера Торос, Маткозеро, Волозеро)
Ярко окрашенные разводы	0,303	На поверхности воды в шлюзах ББК
Нефтяные сгустки	диаметр до 5 мм	ДО озер: Волозеро, Воицкое и Парандовского плеса

Таблица 2

Содержание НУ в ДО водоемов ББК

Объект	№ст.	Глубина, м	Минимум	Максимум	Среднее
Выгоостровский бьеф	63	14	20	70	37
Маткоженский бьеф	12	14	20	180	97
Парандовский плес	47	10	20	760	390
Шавань	31	6	20	70	45
Воицкое	27	15	10	100	43
Торос		8	10	30	20
Маткозеро		12	-	-	10*
Волозеро		10	30	4490	-
Выгозеро, северная часть	5, 7, 30, 46, 69	9-22	150	540	330
Выгозеро, центральная часть	201, 209, 210, 220	10-16	20	150	52
Выгозеро, южная часть	213, 214	7-14	1	110	30

* – единичная проба, прочерк – не определялось.

кам ДО малых водоемов ББК и северной части Выгозерского вдхр. отличаются восстановительными условиями поверхностного слоя осадка (Eh до 31 мВ) (рис. 3). Здесь наблюдаются высокие величины потребления кислорода илом (до 11 мгО₂/г в сут, Выгозеро, ст. 7). Значения рН ДО колебались от 4,4 до 7,2.

Трансформация и минерализация НУ в водной среде происходит благодаря микробиологическому сообществу. Нефтеоокисляющие бактерии являются аэробными организмами. Невысокие температуры в течение года и восстановительные условия ДО замедляют процессы окисления тяжелых фракций НУ, поступающих в ДО со взвешенным материалом. Концентрации НУ в ДО водоемов ББК в период исследования изменялись от 10 (оз. Маткозеро) до 4490 мкг/г (оз. Волозеро) (табл. 2). Фоновые концентрации НУ для ДО Карелии с низким содержанием органического вещества (<30%) не превышают обычно 20 мкг/г, редко достигают 50 мкг/г [11]. Содержание НУ в ДО водных объектов ББК – Маткоженского бьефа, Парандовского плеса, Шавани, Волозера и Северного Выгозера – превышает фоновые значения. Сравнение полученных значений содержания НУ с имеющимися данными прежних лет показало, что ДО северной части Выгозера по-прежнему загрязнены НУ, содержание НУ в ДО центральной части водоема несколько снизилось (табл. 2, рис. 4). Необходимо также отметить, что концентрации НУ во всех исследованных пробах ДО превышают таковые в воде этих водо-

Ключевые слова: загрязнение нефтяными углеводородами, поверхностные воды, донные отложения

емов в 43 раза (медианное значение, интервал колебаний от 2 до 1700).

Изучение вертикального распределения НУ в ДО оз. Волозеро показало их захоронение в осадках (концентрация НУ в слое 5-10 см составляла 70 мкг/г, что в три раза выше, чем в поверхностном 0-5 см слое). С учетом средней скорости седиментации для малых водоемов Карелии (2-3 мм в год), формирование этого слоя ДО происходило в 70-80-е годы прошлого века, в период интенсивной эксплуатации канала. Необходимо отметить, что по литературным данным период утилизации НУ сообществами донных организмов морских и пресноводных экосистем оценивается в 10-20 лет [2-4, 12]. Результаты, полученные в данном исследовании, показали, что процесс минерализации тяжелых фракций НУ, попадающих в ДО, в условиях пре-

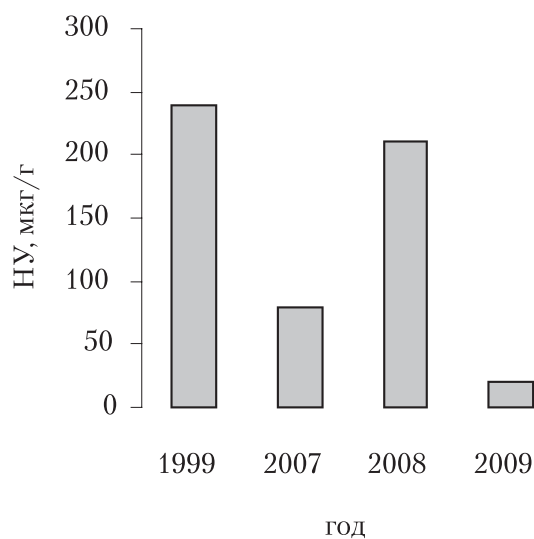


Рис. 4. Содержания НУ в ДО центрального района Выгозерского вдхр. (ст. 220, глубина 15 м).

сных северных водоемов ББК происходит намного медленнее. Накопление нефтепродуктов в ДО водоемов ББК может иметь серьезные экологические последствия. Так, например, при дноуглубительных работах на акватории водоемов ББК невозможно избежать залпового поступления в воду НУ и других токсических продуктов их трансформации.

Заключение

Исследование НУ в водоемах ББК показало, что загрязнение водных объектов имеет хронический характер и сравнимо с загрязнением морских акваторий, активно используемых для промысла и разработки нефтегазоносных месторождений. Концентрации НУ в воде водоемов ББК в летний период превышают значения ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Содержание НУ в ДО малых водоемов ББК и северной части Выгозерского вдхр. выше фоновых значений. Тяжелые фракции НУ, вследствие климатических условий севера и морфометрических особенностей водоемов ББК, накапливаются в ДО. Захоронение НУ превращает ДО в опасный источник вторичного загрязнения и может иметь серьезные экологические последствия.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 05-05-97508.

Литература

1. Юфит С. С. Яды вокруг нас. М.: Классикс Стил, 2002. 367 с.
2. Немировская И. А. Углеводороды в океане. М.: Научный мир, 2004. 328 с.
3. Никаноров А. М. Проблемы нефтяного загрязнения пресных экосистем / А. М. Никаноров, А. Г. Страдомская. Ростов-на-Дону: «НОК», 2008. 222 с.
4. Никаноров А. М. Нефтепродукты в донных отложениях пресноводных объектов / А. М. Никаноров, А. Г. Страдомская. // Водные ресурсы, 2003. Т. 33. № 1. С. 106-110.
5. Мохсен Абдульхаким. Анализ риска для водных экосистем при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов / Абдульхаким Мохсен, Ахмед Мохсен, Г. Т. Фрумин // Современные проблемы науки и образования, 2009. № 4. С. 76-81.
6. Состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга 1998–2006 гг. Петрозаводск: Изд-во Карельского научного центра РАН, 2007. 209 с.
7. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
8. Belkina N. A. Chemical monitoring of sediments // Analytical and sampling methods for environmental monitoring in Lake Ladoga and other large lakes in Russia. Joensuu: Joensuu university, 1999. № 3. P.18-21.
9. Лобковский Л. И. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазоносных акваторий / Л. И. Лобковский, Д. Г. Левченко, А. В. Леонов, А. К. Амбросимов. М.: Наука, 2005. 326 с.
10. Богдашкина В. И. Экологические аспекты загрязнения водной среды нефтяными углеводородами, пестицидами, фенолами / В. И. Богдашкина, В. С. Петросян // Материалы II всесоюзной школы по экологической химии водной среды. Ереван, 1988. С. 62-78.
11. Белкина Н. А. Распределение и трансформация нефтяных углеводородов в донных отложениях Онежского озера / Н. А. Белкина, А. В. Рыжаков, Т. М. Тимакова // Водные ресурсы. 2008. Т. 35. № 4. С. 472-481.
12. Патин С. А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИТРО. 2001. 247 с.

N.A. Belkina, O.V. Panyushkina

PETROLEUM HYDROCARBONS IN RESERVOIRS OF THE WHITE SEA — BALTIC SEA CANAL

Petroleum hydrocarbons in water and sediments of the White Sea–Baltic Sea Canal reservoirs were studied in the summer periods of 2007-2009. The ecological assessment of pollution of the reservoirs is presented. It is shown that the concentration of petroleum hydrocarbons in water (up to 0.25 mg/L) exceeds value of maximum allowable concentration. Their contents in the sediments (up to 4490 µg/g) exceed background values. Burial heavy fractions of oil in bottom sediments are dangerous source of secondary pollution.

Key words: pollution by petroleum hydrocarbons, surface water, sediments