



УДК 574.52:547.91

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ГИДРОБИОНТАМИ УСТЬЕВОЙ ОБЛАСТИ РЕКИ СЕВЕРНОЙ ДВИНЫ^{*)}

© 2018 г. Н. В. Неверова, А. В. Чупаков

Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики
имени академика Н. П. Лаврова РАН, Архангельск, Россия
E-mail: nevnata@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.12.2017; после доработки 06.07.2018;
принята к публикации 09.08.2018; опубликована онлайн 28.09.2018.

Приведены результаты исследования содержания массовой доли нефтеуглеводородов (НУ) в придонном слое воды, донных отложениях и тканях крупных двустворчатых моллюсков, собранных в устьевой области р. Северной Двины в течение 2009–2016 гг. в сезоны наибольшей фильтрационной активности моллюсков. Оценены уровни накопления НУ в воде, донных отложениях и тканях двустворчатых моллюсков устьевой области р. Северной Двины. Изучены зависимости между степенью накопления НУ в тканях двустворчатых моллюсков и уровнем загрязнения среды их обитания. Количественное определение содержания НУ в тканях двустворчатых моллюсков, воде придонного слоя и донных отложениях проводили флуориметрическим методом. Установлено, что массовая доля НУ в тканях двустворчатых моллюсков не превышает таковой для относительно чистых вод на всём исследованном участке реки. По показателю массовой доли НУ в донных отложениях устьевую часть р. Северной Двины можно отнести в основном к незагрязнённой и слабозагрязнённой (за исключением локальных участков в акватории реки в городской черте). В придонном слое воды в районе исследования показатель массовой доли НУ превышает государственные нормативы в отдельных точках отбора. Показано, что в условиях сложных градиентов среды необходим комплексный анализ биотических и абиотических факторов.

Ключевые слова: устье, Северная Двина, массовая доля нефтеуглеводородов, придонный слой воды, донные отложения, двустворчатые моллюски

В своей монографии А. М. Никаноров [11] отмечал, что в решении практически любых проблем оценки экологического состояния водных объектов велика роль анализа содержания нефтяных компонентов. Это связано с их повсеместным распространением, высокой токсичностью, техногенным и биогенным автохтонным и аллохтонным происхождением, активным участием в протекающих в водных объектах физических, химических и биохимических процессах, взаимодействием с биотой (биоаккумуляция, микробиальная деградация, метаболизм) и т. д.

Потери в результате аварий при добыче, транспортировке и переработке углеводородного сырья приводят к загрязнению окружающей среды нефтью и нефтепродуктами, поэтому оценка уровней нефтяного загрязнения водных систем, а также биологических эффектов и последствий, которые они вызывают, — одна из наиболее актуальных тем при решении проблем загрязнения окружающей

^{*)}Статья по материалам докладов Всероссийской конференции с международным участием «Научные чтения, посвящённые 110-летию со дня рождения д. б. н., профессора Виктора Сергеевича Ивлева (1907–1964) и 100-летию со дня рождения д. б. н. Ирины Викторовны Ивлевой (1918–1992) «Перспективы и направления развития экологии водоёмов» (11–15 октября 2017 г., Севастополь).

среды. Вопросы взаимодействия гидробионтов с нефтью и другими поллютантами привлекают внимание многих исследователей. К настоящему времени выпущено несколько крупных монографий, посвящённых вопросам воздействия нефтепродуктов на морские организмы [7, 10, 13, 14].

Нефтяные компоненты при попадании в поверхностные воды находятся в различных формах. В начальный период от 60 до 70 % поступившей нефти содержится в водной массе в растворённом, эмульгированном или адсорбированном состоянии. Эмульгированных компонентов обычно в два раза больше, чем растворённых. Последние состоят на 80–90 % из ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, ксилол и др.), обладающих высокой токсичностью в связи с повышенной способностью к растворению в воде. Попавшая в поверхностные воды нефть вступает в общую цепь сложных и малоисследованных по длительности процессов, таких как испарение, растворение, эмульгирование, окисление, образование агрегатов, седиментация и биodeградация [7, 12]. Эти процессы зависят как от состава или количества нефти в водной среде, так и от условий в водоёмах (температура, солнечное освещение, наличие в воде коллоидов, взвешенных частиц и планктона и т. д.). По мнению многих авторов [6, 10, 13], во всех формах миграции происходит накопление устойчивых к биологическому разложению компонентов (парафины, смолы, асфальтены и пр.), причём максимум нефтепродуктов концентрируется в донных отложениях.

В целом данные о взаимодействии нефти и живых организмов достаточно разноречивы в связи с разнообразием ситуаций загрязнения, сложностью состава нефти и динамичностью её трансформации в море, ошибками и несогласованностью аналитических методов, а также в силу того, что нефть, попадая в организм, сразу же включается в сложнейшую цепь биохимических превращений, при которых радикально изменяется исходная структура соединений нефти: они превращаются в метаболиты, мало похожие на «родительские вещества». Тем не менее, хотя разнообразие публикаций на тему накопления нефтепродуктов в теле гидробионтов и велико, можно сделать некоторые обобщения [13].

Существует положительная корреляция между содержанием нефтяных углеводородов (далее — НУ) в пелагических и донных организмах и их содержанием в воде и донных осадках соответственно. Накопление нефти и её фракций в водных организмах происходит одновременно за счёт биосорбции на контактирующих с водой органах и тканях (жабры, кожа и др.) и путём фильтрационного извлечения взвешенных эмульгированных форм нефти и их поглощения в процессе питания. Уровень содержания полициклических ароматических углеводородов (далее — ПАУ) и других компонентов нефти определяется в конечном счёте соотношением между скоростью их поступления в организм, интенсивностью ферментативного разложения в органах и тканях и скоростью выведения. Бентосные беспозвоночные (особенно двусторчатые моллюски), в силу наличия менее развитых и активных, чем у рыб, ферментных и метаболических систем, а также за счёт высокой фильтрационной активности и обитания в донных осадках обладают, как правило, повышенной способностью к накоплению веществ нефтяного происхождения. Именно поэтому прикреплённые и малоподвижные бентосные организмы могут быть использованы в качестве стандартных объектов мониторинга нефтяного загрязнения морской среды. Установленное для некоторых токсикантов (в основном для тяжёлых металлов и хлорорганических веществ) явление нарастания их концентраций в морских организмах по мере повышения токсического уровня не распространяется, скорее всего, на поведение и распределение в морских сообществах большинства НУ и других веществ нефтяного происхождения. В то же время нельзя исключать возможность подобных эффектов для ПАУ типа бенз(а)пирена, устойчивость и липофильность которых могут привести к усилению их аккумуляции в организмах верхних уровней трофической цепи.

Обобщая вышеизложенное, следует отметить, что токсичность соединений НУ достаточно широко исследована для морских организмов. В то же время токсическое воздействие этих соединений на пресноводных гидробионтов изучено в значительно меньшей степени, хотя, как отмечает А. М. Никаноров [11], проблема загрязнения нефтепродуктами внутренних водоёмов и водотоков

не менее актуальна в силу того, что их поверхностные воды являются основными источниками пресной воды. Внутренние водоёмы имеют сравнительно небольшие размеры и экологическую ёмкость, а источники загрязнения водных объектов суши очень разнообразны. Именно поэтому для возникновения во внутренних водоёмах опасных явлений, вызванных высоким уровнем загрязнения, достаточно поступления меньшего количества нефтепродуктов, чем в морскую среду.

Как отмечает в своей монографии С. А. Патин [13], организмы зообентоса, контактирующие с двумя средами (водой и донными отложениями), где накапливается значительная часть поступающих в водоём нефтепродуктов, могут рассматриваться как показательные объекты при эколого-токсикологических исследованиях. Зообентос отличается стабильной локализацией на определённых местах обитания в течение длительного времени, ввиду чего является удобным объектом для наблюдений за антропогенной сукцессией и за процессами самоочищения водных экосистем.

В состав зообентоса входят группы наиболее долго (до шести лет) живущих гидробионтов — моллюски и олигохеты, причём на них приходится большая доля биомассы зообентоса во многих водоёмах и водотоках. Такие долгоживущие компоненты биоты являются хорошими индикаторами хронического загрязнения и устойчивости водных экосистем [11]. Анализ имеющихся в литературе данных по содержанию углеводородов в органах и тканях морских организмов показал [13], что их концентрации в гидробионтах как минимум на 2–3 порядка выше, чем в водной среде, а для донных осадков эти соотношения ниже и могут быть близки к 1.

Иными словами, можно предположить, что организмы зообентоса и, в частности, двустворчатые моллюски, способны характеризовать экологическое состояние водоёмов и вполне могут применяться как перспективные объекты для биологического мониторинга [1, 7, 9, 13].

Цель данной работы — проверка возможности использования двустворчатых моллюсков в качестве биоиндикаторов загрязнения нефтяными углеводородами в районе устьевой области реки, отличающейся сложными средовыми градиентами, когда химический состав водной толщи, скорость седиментации взвеси и другие параметры могут изменяться за считанные часы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В рамках данной работы для оценки уровня накопления массовой доли НУ в тканях донных животных устьевой зоны р. Северной Двины отбирали двустворчатых моллюсков *Anodonta anatine* (Linnaeus, 1758) и *Unio pictorum* (Linnaeus, 1758). Одновременно в тех же точках отбирали пробы донных отложений и воды из придонного слоя. В период с 2009 по 2016 г. был исследован устьевой участок от устья р. Пинеги (станция 1 — на 95 км выше центральной части г. Архангельска) до приустьевого взморья (станции 30, 27, 26, расположенные около внешнего края дельты) (рис. 1). В разные годы пробы отбирали на различных участках устьевой области.

Моллюсков отбирали стандартными гидробиологическими методами [17] в сезоны их наибольшей фильтрационной активности: на глубинах до 1,5 м — с помощью гидрологического скребка, на более глубоких участках (от 2 до 10 м) — с использованием водолазного оборудования. Отобранных животных сортировали по размеру, очищали от обрастаний и помещали в пакеты с водой на сутки (для очистки кишечника), после чего препарировали, извлекая мягкие ткани целиком, и замораживали до момента проведения анализа. Количественное определение содержания углеводородов нефти в двустворчатых моллюсках проводили флуориметрическим методом. Подготовку проб тканей к анализу осуществляли с использованием методики, разработанной в ФГБНУ «АзНИИРХ» [8]. Пробы воды придонного слоя отбирали по ГОСТ Р51592-2000 [4].

В воде и донных отложениях Северной Двины и устьевого взморья содержание нефтепродуктов определяли по стандартным методикам ПНДФ 16.1:2.21-98 [16] и ПНДФ 14.1:2.4.128-98 [15] соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Устьевая область р. Северной Двины является типичным приливным устьем. Это сложный для изучения объект, поскольку устьевое взморье, дельта реки и придельтовый участок различаются по своим гидрологическим и гидрохимическим характеристикам. На неконструктивность объединения данных по всему водотоку в поисках связей между гидрохимическими и гидробиологическими характеристиками на различных участках Северной Двины указывали многие авторы [2, 5, 9].

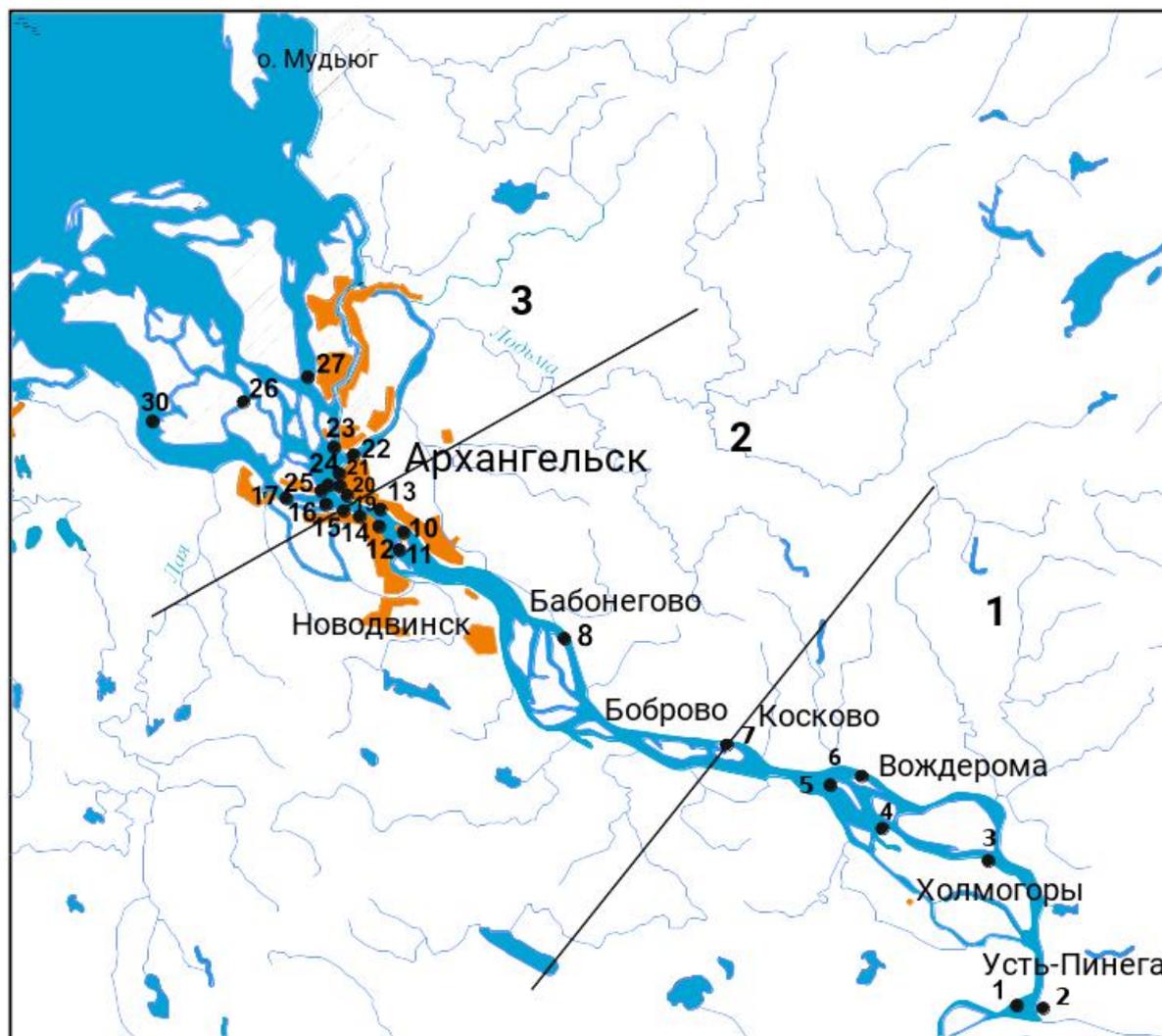


Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб воды придонного слоя, донных отложений и бентосных организмов в устьевой области р. Северной Двины (Россия, бассейн Белого моря) в 2009–2016 гг.

Fig. 1. Map of sampling points of the bottom layer of water, sediments and benthic organisms in the estuary of the Northern Dvina River (Russia, White Sea basin) during 2009–2016

По этой причине для подготовки полученных эмпирических данных к обработке и анализу мы, руководствуясь справочными данными о гидрологическом режиме реки [3], условно разделили изучаемый участок на три части (рис. 1). Участок 1 — группа станций от п. Усть-Пинега до д. Косково — пресные речные воды с относительно низким техногенным прессом. Здесь приливо-отливные явления при летнем меженном расходе воды влияют только на уровень воды и не влияют на динамику происходящих процессов. Участок 2 — от д. Косково до вершины дельты (до станций, которые расположены на участке реки, прилегающем к центру города) — также пресные речные воды, но здесь в результате приливо-отливных явлений возникает обратное течение, то есть в какие-то

момента вода останавливается и взвесь с сорбированными на ней загрязняющими веществами оседает на дно. Участок 3 — станции дельты р. Северной Двины, где в придонном слое существенна роль солёных вод: они поступают с приливом и влияют на протекание химических процессов на границе вода — дно.

При оценке уровней накоплений НУ в абиотических и биотических компонентах экосистемы устьевой области реки на трёх выделенных участках получены следующие результаты.

Суммарное содержание нефтепродуктов в придонном слое воды в период исследования составляло от 0,001 до 0,190 мг·дм⁻³ по водотоку от п. Усть-Пинега до о. Кумбыш и превышало ПДК (0,050 мг·кг⁻¹) в отдельных точках отбора, независимо от участка реки (табл. 1).

Таблица 1. Содержание массовой доли нефтепродуктов на различных участках р. Северной Двины

Table 1. Content of the mass fraction of petroleum hydrocarbons in different areas of the Northern Dvina River

| | Участок 1 | Участок 2 | Участок 3 |
|--|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Придонный слой воды, мг·дм ⁻³ | <u>0,027÷0,140</u> 0,030 | <u>0,001÷0,091</u> 0,020 | <u>0,013÷0,190</u> 0,040 |
| Донные отложения, мг·кг ⁻¹ | <u>4,000÷15,82</u> 8,90 | <u>4,116÷147,940</u> 9,036 | <u>6,500÷14,120</u> 8,830 |
| Ткани двустворчатых моллюсков, мг·кг ⁻¹ вл. м. | <u>1,510÷7,100</u> 2,760 | <u>1,450÷15,84</u> 4,440 | <u>3,45÷25,52</u> 11,51 |

Примечание. Над чертой — минимум ÷ максимум, под чертой — медиана.

Note. Min ÷ max is above the line, median is below the line.

В верхнем слое донных осадков на том же участке содержание общих нефтепродуктов по всему руслу изменялось от 1,14 до 147,94 мг·кг⁻¹ (табл. 1) и имело мозаичный характер. Медианное значение на всех трёх участках реки было на одном уровне и составляло около 9,0 мг·кг⁻¹ (табл. 1), максимальные же значения — 147,93; 73,63; 37,38 мг·кг⁻¹ — фиксировались на ряде станций, в донных отложениях, в акватории р. Северной Двины в черте г. Архангельска (на участке 2). Сравнивая данные с условно фоновыми значениями для донных отложений пресноводных объектов (от 10 до 100 мг·кг⁻¹) [1], донные отложения р. Северной Двины можно в основном отнести к незагрязнённым, за исключением ряда точек в акватории в черте Архангельска.

В тканях моллюсков, которые анализировали в виде интегральной пробы, содержание углеводородов менялось в пределах от 1,45 до 25,52 мг·кг⁻¹ вл. м. (табл. 1). Медианное значение содержания НУ в мягких тканях моллюсков возрастало при приближении к морскому краю дельты от 2,76 мг·кг⁻¹ вл. м. в придельтовом участке (рис. 1) до 11,51 мг·кг⁻¹ вл. м. на участке реки ниже городской черты.

Изучение зависимости между степенью накопления нефтепродуктов в тканях двустворчатых моллюсков и уровнем загрязнения среды. Для оценки зависимости между содержанием НУ в тканях моллюсков и в их среде обитания проведён корреляционный анализ по эмпирическим данным, полученным внутри выделенных участков (табл. 2). В связи с тем, что распределение в выборках не соответствовало нормальному, использовали непараметрический коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Из табл. 2 видно, что взаимосвязи прослеживаются только между содержанием НУ в тканях моллюсков и в верхнем слое донных отложений ($R_s = -0,83$), причём обратная значимая связь наблюдается на участке реки, прилегающем к городу, скорее всего, из-за способности моллюсков в процессе фильтрации не пропускать через пищеварительную систему крупные минеральные и другие

Таблица 2. Результаты корреляционного анализа между содержанием массовой доли НУ в тканях двустворчатых моллюсков, придонном слое воды и верхнем слое донных отложений, $p = 0,05$

Table 2. Results of correlation analysis of mass fraction of petroleum hydrocarbons content in the tissues of bivalves, the bottom layer of water and upper layer of bottom sediments, $p = 0.05$

| Вода/дно | Вода/ткани | Дно/ткани |
|---------------------|------------|-----------|
| Участок 1, $n = 7$ | | |
| 0,56 | 0,17 | 0,60 |
| Участок 2, $n = 12$ | | |
| 0,15 | 0,11 | -0,83* |
| Участок 3, $n = 8$ | | |
| 0,25 | -0,4 | 0,20 |

Примечание. * — статистически значимый коэффициент корреляции при $p = 0,05$.

Note. * – statistically significant correlation coefficient, $p = 0.05$.

частицы (в нашем случае — взвешенные в толще воды донные отложения с сорбированными на них НУ), а обволакивать их и сбрасывать в виде псевдофекалий. На участке Северной Двины от п. Усть-Пинега до д. Косково (рис. 1) эта связь прямая, что можно объяснить присутствием в местах отбора более мелкодисперсных донных компонентов, проходящих переработку в организме моллюсков.

В целом взаимосвязь между содержанием НУ в тканях моллюсков и в придонном слое воды проследить довольно сложно в связи с большой динамичностью водной среды и с физиологическими особенностями двустворчатых моллюсков.

Таким образом, было установлено, что:

- содержание общих нефтепродуктов в придонном слое воды в период исследования по всему изучаемому участку (от п. Усть-Пинега до о. Кумбыш) превышало ПДК ($0,05 \text{ мг} \cdot \text{дм}^{-3}$) на локальных участках;
- донные отложения р. Северной Двины можно в основном отнести к незагрязнённым (за исключением отдельных участков, расположенных в пределах городской черты Архангельска);
- уровни накопления НУ в тканях двустворчатых моллюсков не превышали уровня для относительно чистых вод (от 40 до $60 \text{ мг} \cdot \text{кг}^{-1}$ вл. м.) [11].

В данной работе нами не выявлено каких-либо закономерностей в накоплении НУ тканями двустворчатых моллюсков по изучаемому водотоку в связи с невозможностью учесть все многочисленные факторы, влияющие в естественной среде обитания на накопление и выведение нефтяных углеводородов моллюсками. Именно поэтому для оценки загрязнения среды обитания гидробионтов НУ необходим комплексный подход, включающий анализ содержания этого поллютанта в абиотических частях экосистемы и данных по его накоплению в биологических объектах, а также наблюдение за биологическими маркерами.

Работа выполнена при поддержке проекта ФАНО №0409-2015-0140, программы УрО РАН 18-9-5-29, грантов РФФИ №18-05-01041, 17-45-290114, 17-05-00342, 17-05-00348.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Безматерных Д. М. *Зообентос как индикатор экологического состояния водных экосистем Западной Сибири* : аналит. обзор. Новосибирск, 2007. 87 с. [Bezmaternykh D. M. *Zoobentos as an indicator of water ecosystems state in Western Siberia*: analit. obzor. Novosibirsk, 2007, 87 p. (in Russ.)].
2. Воробьева Т. Я. *Пространственно-временная структура гетеротрофного бактериопланктона экосистемы устьевой области*

- реки Северная Двина : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Архангельск, 2005. 165 с. [Vorob'eva T. Ya. *Prostranstvenno-vremennaya struktura geterotrofnogo bakterioplanktona ekosistemy ust'evoi oblasti reki Severnaya Dvina*. [dissertation]. Arkhangel'sk, 2005, 165 p. (in Russ.)].
3. *Гидрология устьевой области Северной Двины* / под ред. М. И. Зотина, В. Н. Михайлова. Москва : Гидрометеиздат. Моск. отд-ние, 1965. 241 с. [*Gidrologiya ust'evoi oblasti Severnoi Dviny* / M. I. Zotin, V. N. Mihailov (Eds). Moscow: Gidrometeoizdat. Mosk. otd-nie, 1965, 241 p. (in Russ.)].
 4. ГОСТ Р 51592-2000. *Вода. Общие требования к отбору проб*. Москва : ИПК Изд-во стандартов, 2000. 30 с. [GOST R 51592-2000. *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob*. Moscow: IPK Izd-vo standartov, 2000, 30 p. (in Russ.)].
 5. Забелина С. А. *Состояние сообществ дрожжеподобных грибов устьевой области реки Северная Двина в условиях многолетнего микробиологического загрязнения* : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. Архангельск, 2005. 137 с. [Zabelina S. A. *Sostoyanie soobshchestv drozhzhopodobnykh gribov ust'evoi oblasti reki Severnaya Dvina v usloviyakh mnogoletnego mikrobiologicheskogo zagryazneniya*. [dissertation]. Arkhangel'sk, 2005, 137 p. (in Russ.)].
 6. Кормак Д. *Борьба с загрязнением моря нефтью и химическими веществами*. Москва : Транспорт, 1989. 365 с. [Kormak D. *Bor'ba s zagryazneniem morya nef'tyu i khimicheskimi veshchestvami*. Moscow: Transport, 1989, 365 p. (in Russ.)].
 7. Миронов О. Г. *Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами*. Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. 100 с. [Mironov O. G. *Vzaimodeistvie morskikh organizmov s nef'tyanymi uglevodorodami*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, 100 p. (in Russ.)].
 8. НДИ 05.17-2009 «МВИ массовой доли нефтяных углеводородов в пробах гидробионтов пресных и морских водных объектов», аттестованная ГУ «Гидрохимический институт», г. Ростов-на-Дону. 24 с. [NDI 05.17-2009 "MVI massovoi doli nef'tyanykh uglevodorodov v probah gidrobiontov presnykh i morskikh vodnykh ob'ektov", attestovannaya GU "Gidrokhimicheskij institut", g. Rostov-na-Donu, 24 p. (in Russ.)].
 9. Неверова Н. В., Чупаков А. В., Ершова А. А., Лебедев А. А., Морева О. Ю. Биогеохимические исследования в экологическом мониторинге для оценки состояния экосистемы в условиях сложных средовых градиентов (на примере макробентоса устьевой области р. Северной Двины) // *Вода: химия и экология*, 2016, № 7, С. 40–47. [Neverova N. V., Chupakov A. V., Ershova A. A., Lebedev A. A., Moreva O. Yu. Biogeochemical studies in environmental monitoring to assess the state of ecosystems under complex environmental gradients (on the example of macrobenthos of mouth area of the Northern Dvina River). *Voda: khimiya i ekologiya*, 2016, no. 7, pp. 40–47. (in Russ.)].
 10. Нельсон-Смит А. *Нефть и экология моря*. Москва : «Прогресс», 1977. 301 с. [Nelson-Smit A. *Neft' i ekologiya morya*. Moscow: "Progress", 1977, 301 p. (in Russ.)].
 11. Никаноров А. М., Страдомская А. Г. *Проблемы нефтяного загрязнения пресноводных экосистем*. Ростов-на-Дону : НОК, 2008. 222 с. [Nikanorov A. M., Stradomskaya A. G. *Problemy nef'tyanogo zagryazneniya presnovodnykh ekosistem*. Rostov-on-Don: NOK, 2008. 222 p. (in Russ.)].
 12. *Нефтяные углеводороды в морских донных отложениях : химические и биологические аспекты* : обзорная информация / под ред. И. А. Шлыгина. Обнинск, 1986. 46 с. [*Neftyanye uglevodorody v morskikh donnykh otlozheniyakh: khimicheskie i biologicheskie aspekty: obzornaya informatsiya* / I. A. Shlygin (Ed.). Obninsk, 1986, 46 p. (in Russ.)].
 13. Патин С. А. *Экологические проблемы освоения нефтегазовых ресурсов морского шельфа*. Москва : ВНИРО, 1997. 349 с. [Patin S. A. *Ekologicheskie problemy osvoeniya nef'tegazovykh resursov morskogo shel'fa*. Moscow: VNIRO, 1997, 349 p. (in Russ.)].
 14. Влияние нефти и нефтепродуктов на морские организмы и их сообщества // *Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана* / под ред. О. Г. Миронова. Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. Т. 4. 136 с. [Vliyanie nef'ti i nef'teproduktov na morskije organizmy i ikh soobshchestva // *Problemy khimicheskogo zagryazneniya vod Mirovogo okeana* / O. G. Mironov (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1985, vol. 4, 136 p. (in Russ.)].
 15. ПНД Ф 16.1:2.21-98 «Количественный химический анализ почв и отходов. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» (М 03-03-2012)». Москва : ООО «Люмекс», 1998.

- 24 с. [PND F 16.1:2.21-98 “*Kolichestvennyi khimicheskii analiz pochv i otkhodov. Metodika izmerenii massovoi doli nefteproduktov v probakh pochv i grunтов fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti ‘Flyuorat-02’ (M 03-03-2012)*”. Moscow: ООО “Lyumeks”, 1998, 24 p. (in Russ.)].
16. ПНДФ 14.1:2:4.128-98 «*Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природной, питьевой и сточной воды флуориметрическим методом на анализаторе жидкости ‘Флюорат-02’*». Москва, 1998. 19 с. [PND F 14.1:2:4.128-98 “*Metodika vypolneniya izmerenii massovoi koncentracii nefteproduktov v probakh prirodnoi, pit’evoi i stochnoi vody fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti ‘Flyuorat-02’*”, Moscow, 1998, 19 p. (in Russ.)].
17. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений* / под ред. В. А. Абакумова. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 240 с. [Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii / V. A. Abakumov (Ed.). Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 239 p. (in Russ.)].

ESTIMATION OF HYDROCARBON ACCUMULATION BY HYDROBIONTS IN THE ESTUARY OF THE NORTHERN DVINA RIVER^{*)}

N. V. Neverova & A. V. Chupakov

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Arkhangelsk, Russian Federation

E-mail: nevnata@yandex.ru

The article contains the results of the research of the content of a mass fraction of petroleum hydrocarbons in the bottom layer of water as well as in sediment and tissues of bivalves sampled in the estuarial of the Northern Dvina River during 2009–2016 in the seasons of the highest filtration activity of mollusks. Accumulation levels of petroleum hydrocarbons in water, sediments and tissues of bivalves in the Northern Dvina estuary were estimated. Dependence between petroleum hydrocarbons accumulation level in bivalves’ tissues and pollution level of their habitat was studied. Quantitation of petroleum hydrocarbons content in the tissues of bivalves, in the bottom layer of water and sediments was carried out by fluorometric method. It is found that the mass fraction of petroleum hydrocarbons in the tissues of bivalves didn’t exceed the level for relatively clean water in all studied areas of the river. Considering the mass fraction of petroleum hydrocarbons in bottom sediments of the Northern Dvina estuary, it can be attributed mostly to the uncontaminated and slightly contaminated areas, except for local areas of the river within the city limits. In the bottom layer of water in the studied region, the content of the mass fraction of the petroleum hydrocarbons exceeds the state standards in some sampling points. It is concluded that further comprehensive analysis of biotic and abiotic factors is needed to study complex environmental gradients.

Keywords: estuary, Northern Dvina River, mass fraction of petroleum hydrocarbons, bottom water layer, sediment, bivalves

^{*)}Scientific communication on the materials of the reports of All-Russian conference with international participate, devoted to the 110th anniversary of Dr. Viktor Sergeevich Ivlev (1907–1964) and to the 100th anniversary of Dr. Irina Viktorovna Ivleva (1918–1992) “Prospects and directions of aquatic ecology development” (11–15 October, 2017, Sevastopol).