

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОД, ПОЧВОГРУНТОВ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРОМЗОНЫ Г. ХАБАРОВСКА

**Л.А. Гаретова, Н.К. Фишер, Е.Л. Имранова, О.А. Кириенко,
А.М. Кошельков, З. Тюгай, Г.В. Харитоновна**

**Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова**

Проведены комплексные химико-аналитические и микробиологические исследования состояния вод, почвогрунтов и донных отложений промзоны г. Хабаровска. Установлено, что основным загрязнителем исследуемой территории являются нефтепродукты. Влияние стока с территории промзоны на качество воды и донных отложений р. Амур проявляется в увеличении их содержания и численности индикаторных групп бактерий в зоне воздействия дренирующей территорию промзоны малой р. Курча-Мурча. Содержание нефтепродуктов в р. Курча-Мурча на выходе из коллектора превышает 20 ПДК. Степень загрязнения почвогрунтов варьирует от "повышенно-фоновое" до "сильного". Количество нефтепродуктов в донных отложениях р. Курча-Мурча и р. Амур (ниже устья р. Курча-Мурча) определяется как "опасное" и "сильное" соответственно.

Ключевые слова: р. Амур, р. Курча-Мурча, промзона, малые реки, почвогрунты, донные отложения, нефтепродукты, бактерии

Biogeochemical Features of Water, Soil Ground and Bottom Sediments in the Industrial Zone of the City of Khabarovsk

L.A. Garetova, N.K. Fisher, E.L. Imranova, O.A. Kirienko, A.M. Koshel'kov, Z. Tyugai, G.V. Kharitonova

**Institute of Water and Ecology Problems of Far East Branch of Russian Academy of Science, 680000 Khabarovsk, Russia
Lomonosov Moscow State University, 119991 Moscow, Russia**

Complex chemical-analytical and microbiological studies of the state of water, soil grounds and bottom sediment of the industrial zone of city of Khabarovsk were carried out. It was found that petroleum products are the main environmental pollutant of the study area. The impact of runoff from the industrial zone on the quality of water and bottom sediments of the Amur river is manifested in an increase in their content and number of indicator groups of bacteria in the zone of impact of the small river Kurcha-Murcha draining the territory of the industrial zone. The oil content in the Kurcha-Murcha river at the exit from conduit is 20 MPC. The degree of soil contamination varies from "increased-background" to "strong". The amount of oil products in the bottom sediments of the Kurcha-Murcha and the Amur river (below the mouth of the Kurcha-Murcha river) is defined as "dangerous" and "strong", respectively.

Keywords: Amur river, Kurcha-Murcha river, industrial zone, minor rivers, soil and subsoils, bottom sediments, hydrocarbons, bacteria

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-05-56-61

В условиях техногенеза об-
щая денудация суши
оценивается с учетом
вклада техногенной (антропо-
генной) составляющей веще-
ственного стока рек в Мировой
океан. Таким образом, пробле-
ма техногенного загрязнения
приобретает глобальный харак-
тер. Загрязнение окружающей
среды в существенной мере об-
условлено специфическим со-

ставом включающегося в при-
родные циклы осадочного ма-
териала, поступающего от тех-
ногенных источников и являю-
щегося материальным носителем
загрязняющих веществ в
количествах, существенно пре-
вышающих природную состав-
ляющую.

Почвы и речные отложения
являются неотъемлемыми ком-
понентами техногенных ланд-

шафтов, выполняют роль
фильтров, препятствующих за-
грязнению подземных вод и
крупных водных объектов.

Постоянный прессинг тех-
ногенных факторов на почвы
промышленных районов горо-
дов приводит к ухудшению их
водно-физических и физико-
механических свойств, загряз-
нению нефтепродуктами (НП),
тяжелыми металлами, ксено-

биотиками и патогенными микроорганизмами. Трансформированные почвы или урбаноэмы теряют способность к восстановлению и самоочищению.

Донные отложения (ДО) являются конечным этапом миграции загрязняющих веществ, поступающих с прилегающей суши, а их состав служит интегральным показателем загрязнения не только водных объектов, но и всей территории водосборов. ДО являются консервативной системой, в которой биохимические процессы самоочищения происходят очень медленно, поэтому они являются потенциальными источниками вторичного загрязнения. В результате антропогенного воздействия существенно изменяется состав воды и ДО, появляются вещества, губительные для естественного природного фона, формируются техногенные речные илы — новый вид современных речных отложений с высоким содержанием тяжелых металлов и органического вещества (ОВ) [1].

Одним из крупнейших промышленных центров на Дальнем Востоке является г. Хабаровск. Его население по последним данным составляет более 600 тыс. чел. В настоящее время промышленные предприятия сосредоточены в южной и юго-восточной окраинах города. Однако в его центральной части существуют исторически сложившиеся промышленные агломераты, закладка которых приходилась на начало XX в., когда их территории являлись окраинами города. Развитие городской инфраструктуры, строительство крупных жилых массивов в центральной части города привело к тому, что промышленная зона перемежается с жилыми и культурными объектами, с участками малоэтажной застройки, пронизана железнодорожными и автотранспортными магистралями.

Цель работы — оценка загрязнения почвогрунтов, речных вод и донных отложений

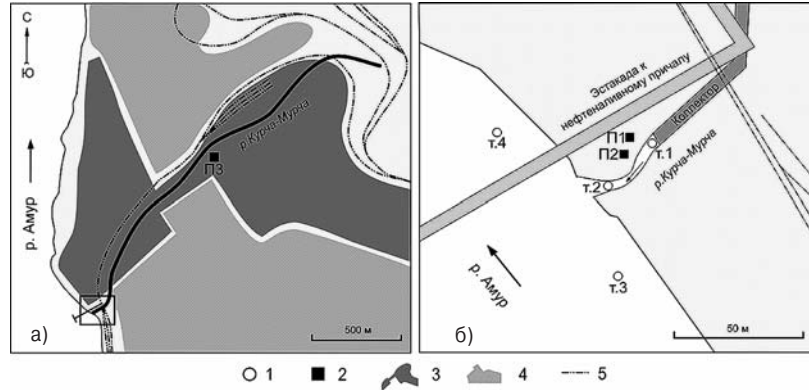


Рис. 1. Карта-схема района исследования водосбора р. Курча-Мурча (а) и водоохранной зоны р. Амур (б):

1 – точки отбора проб воды и донных отложений; 2 – точки отбора проб почвогрунтов; 3 – промышленная зона; 4 – жилой массив; 5 – железнодорожные пути

Fig. 1. Index map of the study area of the catchment p. Kurcha-Murcha (a) and water protection zone of the river. Amur (b):

1 – water and sediments beds sampling points; 2 – potting soil sampling points; 3 – industrial zone; 4 – residential area; 5 – railway tracks

территории промзоны г. Хабаровска.

Объекты и методы

Район исследования находится в Кировском административном районе г. Хабаровска и включает водосбор р. Курча-Мурча и водоохранную зону р. Амур (рис. 1). На территории промзоны расположены ПАО "ННК-Хабаровскнефтепродукт", АО "ННК-Хабаровский НПЗ", парк "Ветка-Пристань" железнодорожной станции Хабаровск I ОАО "РЖД", АО "Газпром газораспределение Дальний Восток", СП "Хабаровская ТЭЦ-2", АО "Дальневосточная генерирующая компания" и ОАО "Хабаровский речной торговый порт".

Малая река Курча-Мурча берёт начало в оврагах частного сектора в северо-восточной части Кировского района города и впадает в р. Амур в районе ТЭЦ-2 и нефтеналивного причала. Длина водотока — 2,5 км, площадь водосбора — 2,66 км². Режим водотока нарушен, большая часть его русла с середины 60-х гг. XX в. зарегулирована в коллектор. В настоящее время коллектор реки является приёмником ливневых вод. Водосборная площадь, ограниченная с востока и севера транссибирской железнодорожной магистралью, расположена на территории промыш-

ленной застройки с густой сетью автомобильных и железных дорог. Основную часть водосбора составляет территория предприятий АО ННК "Хабаровский нефтеперерабатывающий завод" и ПАО ННК "Хабаровскнефтепродукт".

Исследования поверхностных вод, ДО и почвогрунтов проводили в период речной межени с 25 мая по 13 июня 2018 г., точки отбора проб показаны на рис. 1. Пробы воды и ДО отбирали пробоотборником "Burkle", пробы почвогрунтов — методом "конверта".

Согласно общепринятым методам [3], содержание в почвогрунтах и донных отложениях НП и органического углерода ($C_{орг}$) для сравнения определяли во фракции $\leq 0,5$ мм. Определение $C_{орг}$ проводили методом кулонометрического титрования в токе кислорода [2] на экспресс анализаторе углерода АН-7529 (г. Гомель, Республика Беларусь). При определении массовой доли НП использовали концентратометр КН-2 М (Сибэкоприбор, Россия). Летучие органические соединения (ЛОС) определяли на хроматографе Кристалл-5000.1 (Россия) с пламенно-ионизационным детектором, капиллярная колонка НР FFAP 50 м × 0,32 мм × 0,32 мкм в режиме от 50 до 200 °С [4, 5] (аналитик Г.М. Филлипова).

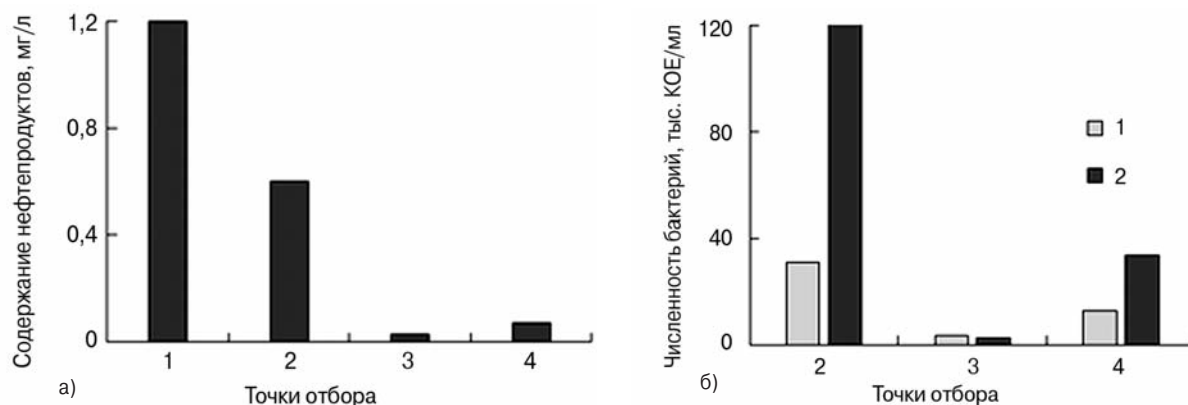


Рис. 2. Содержание нефтепродуктов (а) и численность нефтеокисляющих бактерий (б) в воде р. Курча-Мурча и р. Амур:

1 – нефтеокисляющие бактерии; 2 – сапрофитные бактерии

Fig. 2. The content of petroleum products (a) and the number of hydrocarbon-oxidizing bacteria (b) in the water river Kurcha-Murcha and river Amur:

1 – hydrocarbon-oxidizing bacteria; 2 – saprophytic bacteria

Численность индикаторных групп микроорганизмов в воде, ДО и почвогрунтах определяли общепринятыми в микробиологии методами.

Результаты и обсуждение

По гидрохимическому типу воды р. Курча-Мурча относятся к карбонатно-натриевым и характеризуются повышенной минерализацией (~400 мг/дм³) [6]. В составе биогенных веществ отмечено превышение ПДК в 21 раз по аммонийному азоту на фоне низкого содержания нитратного азота (10,5 и 0,19 мг/дм³ соответственно). Это связано с загрязнением хозяйственно-бытовыми сточными водами и с развитием анаэробных процессов биотрансформации азотсодержащих органических соединений.

Максимальное содержание НП на уровне 24 ПДК отмечено в р. Курча-Мурча на выходе из коллектора (т. 1), а минимальное — в воде контрольного створа р. Амур (т. 3). В р. Амур ниже устья р. Курча-Мурча их содержание составляло 0,07 мг/дм³ (рис. 2, а).

Увеличение концентрации НП в воде четко фиксируется по росту численности сапрофитных бактерий (СБ) и нефтеокисляющих бактерий (НОБ) — индикаторов загрязнения нефтепродуктами (рис. 2, б). Микробиологическая оценка качества воды по содержанию СБ показала, что воды р. Курча-Мурча относятся к VI классу качества вод и характеризуются как "очень грязные" (ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля

качества воды водоемов и водотоков). Если в контрольном створе р. Амур воды относились ко II классу качества, то после смешения с водами р. Курча-Мурча их качество ухудшилось до IV класса.

Исследованная территория неоднократно подвергалась преобразованиям, в том числе при строительстве эстакады нефтеналивного причала, берегоукрепительных работ и отведении производственных и ливневых стоков СП "Хабаровская ТЭЦ-2". Здесь распространены техноземы — насыпные грунты, перекрывающие естественные речные отложения. В своей верхней части они представлены щебнисто-галечно-глинистыми грунтами с включением мелких глыб, золошлаков с вкраплениями угля.

Образцы почвогрунтов, отобранные на правобережной стороне водосбора р. Курча-Мурча (П1 и П2), представляют собой сырой, уплотненный, грязно-бурого цвета щебнисто-дресвянистый грунт с примесью незначительной части мелкозема. Почвогрунт П1 отличается от П2 выраженным запахом нефтепродуктов, рН 7,8. Образец почвогрунта П3 отобран на берегу р. Курча-Мурча в 1 км от уреза р. Амур, имеет ржаво-бурый цвет, с обилием сильно выветрелой дресвы и глинистых сланцев, мелкозем тяжело-суглинистый, крупно-комковато-оре-

Таблица 1. Содержание химических веществ в почвогрунте (П1) промзоны г. Хабаровска

Table 1. The content of chemicals in the soil (P1) industrial zone of the city of Khabarovsk

| Вещество | Концентрация, мг/кг | Ф*, мг/г | К** | ПДК | ОДК | |
|--------------|---------------------|----------|------|------|--------|--------|
| | | | | | pH<5,5 | pH>5,5 |
| Бенз(а)пирен | < 0,005 | – | – | 0,02 | – | – |
| Кадмий | 0,22 | 0,05 | 4,40 | 1,0 | 1 | 2 |
| Кобальт | 8,2 | 3 | 2,73 | – | – | – |
| Медь | 24,8 | 8 | 3,10 | – | 66 | 132 |
| Мышьяк | 9,3 | 1,5 | 6,20 | 2,0 | 5 | 10 |
| Никель | 18,7 | 6 | 3,12 | – | 40 | 80 |
| Ртуть | 0,023 | 0,05 | 0,46 | 2,1 | – | – |
| Свинец | 28,7 | 6 | 4,78 | – | 65 | 130 |
| Цинк | 90,9 | 28 | 3,25 | – | 110 | 220 |

*Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах (ориентировочные значения для средней полосы России).

**Коэффициенты концентрации тяжелых металлов и мышьяка.

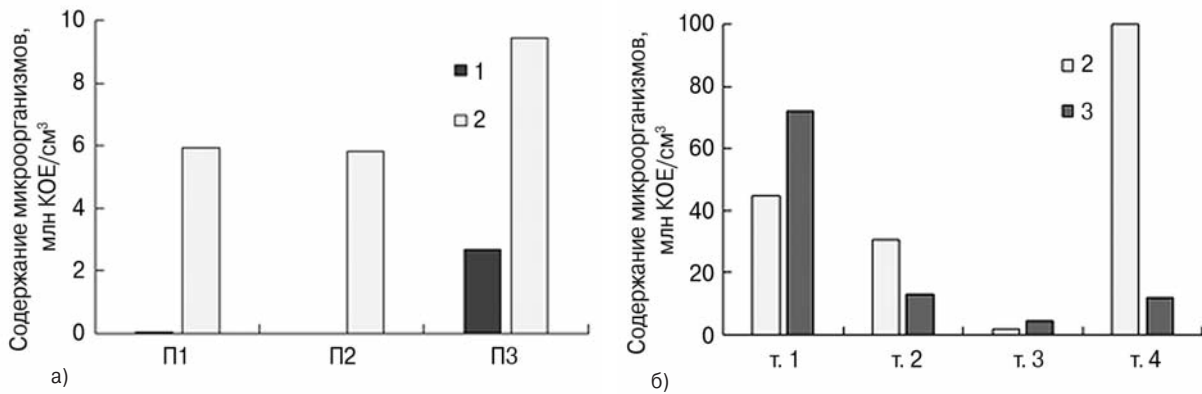


Рис. 3. Влияние нефтепродуктов на содержание микроорганизмов в почвогрунтах (а) и донных отложениях (б) территории промзоны:

1 – микроскопические грибы; 2 – нефтеокисляющие бактерии; 3 – сапрофитные бактерии

Fig. 3. The effect of petroleum products on the content of microorganisms in the soil grounds (a) and sediments beds (b) of the industrial zone:

1 – microscopic fungi; 2 – hydrocarbon-oxidizing bacteria; 3 – saprophytic bacteria

ховатой структуры, плотный, рН 6,0–6,5.

Оценка степени загрязнения почвогрунтов тяжелыми металлами и бенз(а)пиреном проводилась в образце П1 (табл. 1). Уровень рН 7,8 данной пробы свидетельствует о подщелачивании почвенно-грунтовой среды в процессе загрязнения. Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c) тяжелыми металлами и мышьяком в почвогрунте П1 составил 21, что соответствует категории загрязнения "умеренно-опасная". В связи с отсутствием данных регионального фона по исследуемым компонентам и, учитывая содержание песка в почвогрунтах, для расчета суммарного показателя загрязнения использовали фоновые концентрации элементов в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах (СП 11-102-97 "Инженерно-экологические изыскания для строительства").

Рекомендуемые ориентировочно допустимые уровни (ОДК) для НП в почвах по разным документам варьируют от 300 до 1000 мг/кг [7]. С учётом данных требований концентрация НП в исследованных почвогрунтах превышает ОДК (табл. 2). Согласно общепринятой градации Ю.И. Пиковского, загрязнение исследованных почвогрунтов НП определяется в диапазоне от "повы-

шено-фонового" (П3) до уровня "сильное" (П1).

Способность почв и ДО к аккумуляции нефтяных углеводородов зависит от содержания в них органического вещества. Общее содержание $C_{орг}$ в почвогрунтах не превышало 1 % (см. табл. 2), доля нефтепродуктов в его составе в образце почвогрунта П1 составляла 48 %, а в образце П2 – 44 %. Такой большой вклад нефтепродуктов в состав органических веществ характерен для грунтов в условиях хронического нефтяного загрязнения [7].

Донные отложения рек Курча-Мурча и Амур представлены преимущественно песчаными отложениями с глинистым заполнителем. Содержание нефтяных углеводородов в них варьировало от 1200 до 17600 мг/кг (см. табл. 2). Максимальное содержание НП выявлено в р. Курча-Мурча на выходе из коллектора (т. 1), минимальное – в р. Амур выше устья р. Курча-Мурча (т. 3). В ДО устьевого участка малой

реки (т. 2) содержание НП снижалось более чем в 2 раза по сравнению с вышележащим участком (т. 1). Считается, что фоновое содержание нефтепродуктов в песчаных илистых ДО обычно не превышают 10 и 100 мг/кг соответственно [8, 9]. При этом их доля в составе $C_{орг}$ обычно не выше 1 % [10]. В исследованных ДО доля нефтепродуктов в $C_{орг}$ составляла от 22 до 62 %, максимальное значение отмечено в ДО устья р. Курча-Мурча (т. 2).

В ДО среди веществ нефтяного происхождения значительный вклад принадлежит летучим органическим соединениям – продуктам промежуточного окисления углеводородов (спирты, альдегиды, кетоны, сложные эфиры, кетокислоты и др.). Их присутствие является признаком вторичного загрязнения. Класс опасности для большинства из них не установлен, но они обладают большей токсичностью, чем НП. Особенно это касается продуктов трансформации аро-

Таблица 2. Содержание органического вещества ($C_{орг}$) и нефтепродуктов (НП) в почвогрунтах и донных отложениях промзоны г. Хабаровска

Table 2. The content of organic matter (C_{org}) and oil products (NP) in the soil and sediments beds of the industrial zone of Khabarovsk

| Показатель | Почвогрунты | | | Донные отложения | | | |
|---------------|-------------|------|-----|------------------|------|------|------|
| | П1 | П2 | П3 | т. 1 | т. 2 | т. 3 | т. 4 |
| $C_{орг}$, % | 0,95 | 0,48 | – | 3,23 | 1,22 | 0,53 | 0,78 |
| НП, мг/кг | 4560 | 2120 | 400 | 17640 | 7590 | 1180 | 3560 |

Таблица 3. Содержание летучих органических соединений в донных отложениях

Table 3. The content of volatile organic compounds in sediments beds

| Соединение | Содержание, мг/кг, в точках отбора проб | | | | Класс опасности |
|-----------------|---|-------|------|------|-----------------|
| | т. 1 | т. 2 | т. 3 | т. 4 | |
| Гексан | 1,08 | 5,33 | 0,01 | 0,02 | 3 |
| Ацетальдегид | 1,14 | 40,90 | 1,63 | 0,37 | 3 |
| Ацетон | 0,96 | 1,356 | 0,55 | 0,08 | 4 |
| Бензол | 0,14 | 0,73 | 0,01 | 0,05 | 1 |
| Бутанол | 0,35 | 0,10 | – | 0,03 | 3 |
| Бутилацетат | 0,04 | 0,01 | – | – | 3 |
| Изобутанол | 0,54 | 3,83 | 0,15 | 0,21 | 3 |
| Изопропилбензол | 0,03 | 0,12 | – | 0,01 | 3 |
| М-ксилол | 2,91 | 3,10 | 0,08 | 0,07 | 3 |
| О-ксилол | 0,11 | 0,16 | – | 0,01 | 3 |
| П-ксилол | 0,29 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 3 |
| Метилацетат | 1,95 | 16,48 | 0,01 | 0,13 | 4 |
| Метанол | 22,43 | 145,1 | 3,38 | 2,48 | 2 |
| Пропанол-1 | 14,38 | 4,19 | – | – | 2 |
| Пропанол-2 | 0,25 | 1,329 | – | – | 2 |
| Толуол | 0,20 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 4 |
| Этилацетат | 0,01 | 0,01 | 0,10 | – | 3 |
| Этилбензол | 0,12 | 0,03 | – | 0,01 | 1 |

Примечание. "–" – не обнаружено.

матических соединений, обладающих канцерогенными свойствами.

Результаты анализа показывают (табл. 3), что накапливающиеся в ДО органические вещества разлагаются с выделением метанола, ацетальдегида, метилацетата, изобутанола, ацетона, ксилолов, пропанолов и др. Большинство этих веществ обладает характерным резким запахом и высокой токсичностью. Согласно гигиеническим нормативам (ГН 2.1.7.2041-06 "Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве") эти вещества принадлежат к 1–4 классам опасности.

Обращает на себя внимание высокое (до 145 мг/кг) содержание метанола в ДО р. Курча-Мурча. Его присутствие в ДО обусловлено образованием метана, который окисляется бактериями сем. *Methylomonadaceae* до углекислого газа и воды. Метанол является промежуточным продуктом окисления метана и накапливается в ДО в анаэробных условиях. Максимальное содержание ацетальдегида

(40,9 мг/кг) и ацетона (1,35 мг/кг) выявлено в ДО устья р. Курча-Мурча. Данные компоненты образуются в анаэробных условиях при брожении веществ углеводной природы. Максимальное содержание пропанола (14,4 мг/кг) — продукта пропионовокислого брожения выявлено в ДО Курчи-Мурчи на выходе из коллектора (т. 1). Высокие концентрации гексана (до 5,3 мг/кг) и м-ксилола (до 3,1 мг/кг) отмечались в ДО малого водотока (тт. 1 и 2). Сопутствующий нефтяному загрязнению бензол, индикатор "свежего" загрязнения НП, в высоких количествах (0,73 мг/г) выявлен в осадках устья р. Курча-Мурча (т. 2).

Нормативные документы по содержанию летучих органических соединений в ДО в настоящее время отсутствуют. Для почв существуют ПДК некоторых ароматических соединений (бензол, толуол, ксилолы — 0,3 мг/кг; изопропилбензол — 0,5 мг/кг (ГН 2.1.7.2511-09 "Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве")),

позволяющие ориентировочно оценить степень загрязнения ДО. Увеличение содержания летучих органических соединений в ДО устья р. Курча-Мурча (т. 2) по сравнению с вышележащим участком реки (т. 1) может быть связано как с высокой сорбционной способностью глинистой фракции ДО, так и с дополнительным их сносом с вышележащего участка.

В загрязненных нефтепродуктами почвогрунтах (П1 и П2) резко снижена численность микроорганизмов, участвующих в процессах самоочищения почв, в том числе микроскопических грибов и НОБ (рис. 3, а). Это обусловлено не только уровнем загрязнения НП, но и свойствами исследуемых почвогрунтов. В техногенно измененных грунтах нормальное функционирование микробных сообществ, осуществляющих процессы деградации нефтепродуктов, нарушается.

В донных отложениях р. Курча-Мурча численность СБ варьировала от $4,6 \times 10^6$ до $7,2 \times 10^7$ КОЕ/см³, НОБ от 2×10^6 до 1×10^8 КОЕ/см³ (рис. 3, б). Максимальная численность данных индикаторных групп бактерий была отмечена в т. 1 с самым высоким содержанием $S_{орг}$, минимальная — в ДО фонового створа р. Амур. Согласно ранжированию качества ДО по численности СБ и НОБ [11], экологическое состояние водной среды промзоны оценивается как переходное — от "предкризисного" к "кризисному".

Выводы

Комплексные химико-аналитические и микробиологические исследования состояния воды, почвогрунтов и донных отложений территории промзоны Кировского района г. Хабаровск показали, что основным загрязнителем всех компонентов техногенной экосистемы являются нефтепродукты.

Уровень загрязнения нефтепродуктами воды дрена-

рующей промзону р. Курча-Мурча, оценивается как "опасное". Превышение нормативов по нефтепродуктам в воде составило 12 ПДК (устье р. Курча-Мурча), на выходе из коллектора — более 20 ПДК.

Загрязнение почвогрунтов промзоны имеет комбинированный характер. Наряду с "умеренно-опасным" загрязнением тяжелыми металлами выявлен "сильный" (до 5000 мг/кг) уровень загрязнения нефтепродуктами.

Сток с территории промзоны (речной и диффузный) оказывает негативное влияние на состояние воды и донных отложений р. Амур. В зоне влияния малой реки загрязнение донных отложений р. Амур определяется как "сильное".

Литература

1. Янин Е.П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М., НП "АРСО", 2018. 415 с.
2. Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Поздняков А.И. и др. Практикум по физике твердой фазы почв. Учебное пособие. М., Гриф, 2011. Тула, 63 с.
3. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органно-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектрометрии. М., Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 2005. 21 с.
4. ПНД Ф 14.1:2:4.201-03. Методика выполнения измерений массовой концентрации ацетона и метанола в пробах питьевых, природных и сточных вод газохроматографическим методом. М., 2003. 17 с.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.57-96. Методика выполнения измерений массовых концентраций ароматических углеводородов в питьевых, природных и сточных водах газохроматографическим методом. М., 2011. 18 с.
6. Шестеркин В.Н., Афанасьева М.И., Шестеркина Н.М. Гидрохимия малых рек центральной части г. Хабаровска в зимний период. Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Типы, современное состояние и перспективы развития. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2018. С. 298–301.
7. Немировская И.А., Сивков В.В. Особенности распределения углеводородов в Юго-Восточной части Балтийского моря. Океанология. 2012. Т. 52. № 1. С. 40–53.
8. Галимов М.Э., Кодина Л.А., Степанец О.В. Биогеохимия и проблемы радиоактивного загрязнения морей России (на примере Карского Моря). Фундаментальные исследования океанов и морей. Т. 2. М., Наука, 2006. С. 440–465.
9. Tolosa I., Mora S., Sheikholeslami M.R. et al. Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Mar. Pollut. Bull. 2004. Vol. 48. P. 44–60.
10. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки). М., Научн. мир, 2004. 328 с.
11. Дзюбан А.Н. Функционирование микробных сообществ лонных отложений водоемов как фактор формирования качества водной среды. Вода: химия и экология. 2016. № 3. С. 57–62.

References

1. Yanin E.P. Tekhnogennye rechnye ily (usloviya formirovaniya, veshchestvennyi sostav, geokhimicheskie osobennosti). M., NP "ARSO", 2018. 415 s.
2. Milanovskii E.Yu., Khaidapova D.D., Pozdnyakov A.I. i dr. Praktikum po fizike tverdoi fazy pochv. Uchebnoe posobie. M., Grif, 2011. Tula, 63 s.
3. PND F 16.1:2.2.22-98. Metodika vypolneniya izmerenii massovoi doli nefteproduktov v mineral'nykh, organogennykh, organno-mineral'nykh pochvakh i donnykh otlozheniyakh metodom IK-spektrometrii. M., Gos. kom. RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 2005. 21 s.
4. PND F 14.1:2:4.201-03. Metodika vypolneniya izmerenii massovoi kontsentratsii atsetona i metanola v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod gazokhromatograficheskim metodom. M., 2003. 17 s.
5. PND F 14.1:2:4.57-96. Metodika vypolneniya izmerenii massovykh kontsentratsii aromaticheskikh uglevodorodov v pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vodakh gazokhromatograficheskim metodom. M., 2011. 18 s.
6. Shesterkin V.N., Afanas'eva M.I., Shesterkina N.M. Gidrokimiya malykh rek tsentral'noi chasti g. Khabarovska v zimnii period. Geosistemy v Severo-Vostochnoi Azii. Tipy, sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya. Vladivostok: TIG DVO RAN, 2018. S. 298–301.
7. Nemirovskaya I.A., Sivkov V.V. Osobennosti raspredeleniya uglevodorodov v Yugo-Vostochnoi chasti Baltiiskogo morya. Okeanologiya. 2012. T. 52. № 1. S. 40–53.
8. Galimov M.E., Kodina L.A., Stepanets O.V. Biogeokimiya i problemy radioaktivnogo zagryazneniya morei Rossii (na primere Karskogo Morya). Fundamental'nye issledovaniya okeanov i morei. T. 2. M., Nauka, 2006. S. 440–465.
9. Tolosa I., Mora S., Sheikholeslami M.R. et al. Aliphatic and Aromatic Hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. Mar. Pollut. Bull. 2004. Vol. 48. P. 44–60.
10. Nemirovskaya I.A. Uglevodorody v okeane (sneg-led-voda-vzves'-donnye osadki). M., Nauchn. mir, 2004. 328 s.
11. Dzyuban A.N. Funktsionirovanie mikrobnnykh soobshchestv lonnykh otlozhenii vodoemov kak faktor formirovaniya kachestva vodnoi sredy. Voda: khimiya i ekologiya. 2016. № 3. S. 57–62.

Л.А. Гаретова – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук, 680000 Россия, г. Хабаровск, ул. Дикопольцева 56, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • Н.К. Фишер – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: fisher@ivep.as.khb.ru • Е.Л. Иманова – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • О.А. Кириенко – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • А.М. Кошельков – инженер, e-mail: ecolog.dv@mail.ru • З. Тюгай – канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник, МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991 Россия, Москва, Ленинские горы 1, e-mail: zemfira53@yandex.ru • Г.В. Харитонова – д-р биол. наук, зав. лабораторией, Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения Российской академии наук, 680000 Россия, г. Хабаровск, ул. Дикопольцева 56, e-mail: gkharitonova@mail.ru

L.A. Garetova – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, Institute of Water and Ecology Problems of Far East Branch of Russian Academy of Science, 680000 Russia, Khabarovsk, Dikopoltsev Str. 56, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • N.K. Fisher – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, e-mail: fisher@ivep.as.khb.ru • E.L. Imranova – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • O.A. Kirienko – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, e-mail: micro@ivep.as.khb.ru • A.M. Koshe'lkov – engineer, e-mail: ecology.dv@mail.ru • Z. Tyugai – Cand. Sci. (Biol.), Senior Research Fellow, Lomonosov Moscow State University, 119991 Russia, Moscow, Leninsky gory 1, e-mail: zemfira53@yandex.ru • G.V. Kharitonov – Dr. Sci. (Biol.), Head of Laboratory, Institute of Water and Ecology Problems of Far East Branch of Russian Academy of Science, 680000 Russia, Khabarovsk, Dikopoltsev Str. 56, e-mail: gkharitonova@mail.ru