

УДК 504.4.054 (571.62)

ОЦЕНКА УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ПРОМЗОНЫ Г. ХАБАРОВСКА (ВОДА, ПОЧВОГРУНТЫ, ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ)

Л.А. Гаретова¹, Н.К. Фишер¹, Е.Л. Имранова¹, О.А. Кириенко¹,
А.М. Кошельков¹, З. Тюгай²

¹Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: micro@iver.as.khb.ru, fisher@iver.as.khb.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Ленинские горы д. 1 стр. 12, Москва, 119991,
e-mail: zemfira53@yandex.ru

Проведены комплексные химико-аналитические и микробиологические исследования загрязнения углеводородами воды, почвы и донных отложений (ДО) территории промзоны г. Хабаровска. Содержание углеводородов (УВ) в почвогрунтах составляет от 400 до 4560 мг/кг и характеризует степень загрязнения от «повышенно-фоновое» до «сильного». Максимальный (до 17640 мг/кг) уровень аккумуляции УВ выявлен в ДО малой реки Курча-Мурча. Влияние стока с территории промзоны на качество воды и ДО р. Амур проявляется в увеличении содержания УВ и численности нефтеокисляющих бактерий в зоне воздействия р. Курча-Мурча в сравнении с фоновым створом более чем на порядок. Содержание УВ в ДО р. Амур ниже устья р. Курча-Мурча определяется как «сильное», в ДО р. Курча-Мурча характеризуется как «опасное». На уровне молекулярных маркеров (n-алканы) установлено преобладание в почвогрунтах и ДО микробиологически и пирогенно трансформированных УВ.

Ключевые слова: Хабаровск, промзона, малая река, почвогрунты, донные осадки, углеводороды, микроорганизмы, n-алканы.

Введение

В настоящее время состояние малых рек на урбанизированных территориях в результате резко возросшей антропогенной нагрузки оценивается как катастрофическое. Значительно сократился сток малых рек. Велико число рек, прекративших в последнее время свое существование, многие оказались на грани исчезновения.

Согласно существующим тенденциям, в ближайшие годы большая часть загрязняющих веществ будет поступать в поверхностные воды не от стационарных точечных источников, а в результате смыва с поверхности водоразделов и с территорий крупных городов с ливневым стоком [16]. Поэтому актуальность приобретают комплексные исследования почв и речных отложений как элементов техногенных ландшафтов и их функциональной значимости в качестве фильтров, препятствующих загрязнению подземных вод, водных объектов более крупного порядка и атмосферы.

Город Хабаровск является одним из крупнейших промышленных центров на Дальнем Востоке с численностью населения более 600 тыс. чел. В г. Хабаровске отмечается интенсивное загрязне-

ние малых рек и их водосборов нефтепродуктами, тяжелыми металлами, аммонийным и нитратным азотом, фосфатами [5, 14, 15].

В настоящее время промышленные предприятия города сосредоточены на южной и юго-восточной его окраинах. Однако в центральной части города существуют исторически сложившиеся промышленные агломераты, закладка которых приходилась на начало XX века, 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, участками малоэтажной застройки, пронизана автотранспортными магистралями и железнодорожными ветками.

Цель работы – оценка углеводородного загрязнения почвогрунтов, воды и донных отложений территории промзоны и его влияния на р. Амур.

Объекты и методы

Район исследования находится в Кировском административном районе г. Хабаровска (Киров-

ский промузел) и включает водоохранную зону р. Амур и водосбор малой реки Курча-Мурча (рис. 1). К предприятиям, входящим в Кировскую промзону, оказывающим негативное воздействие на состояние почвы, подземных и поверхностных водных объектов, относятся: АО «ННК-Хабаровский нефтеперерабатывающий завод» (пруд-отстойник, нефтешламонакопитель, нефтепродуктопровод); ПАО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» (резервуары хранения нефтепродуктов, транспортировка нефтепродуктов по нефтепроводу, наполнение танкеров нефтепродуктами на нефтеналивном причале); парк «Ветка-Пристань» железнодорожной станции Хабаровск I ОАО «РЖД» (погрузка, выгрузка, перевозка нефтепродуктов); предприятие автосервиса (образование нефтесодержащих отходов); СП «Хабаровская ТЭЦ-2» АО «ДГК» (резервуары хранения мазута); АО «Газпром газораспределение Дальний Восток»; объекты, расположенные на территории бывшего завода «Дальдизель» (образование нефтесодержащих отходов); ОАО «Хабаровский речной торговый порт».

Малая река (ручей) Курча-Мурча берёт начало в оврагах частного сектора в северо-восточной части Кировского района г. Хабаровска и впадает в р. Амур в районе Хабаровской ТЭЦ-2 и нефтеналивного причала ПАО «ННК-Хабаровскнефтепродукт». Длина водотока составляет

2,5 км, площадь водосбора – 2,66 км², средний уклон – 16%. Общее направление течения – с северо-востока на юго-запад. Режим водотока нарушен, большая часть его русла зарегулирована в коллектор с середины 60-х гг. XX в. Водосборная площадь ограничена с востока и севера Транссибирской железнодорожной магистралью и расположена на территории промышленной застройки с густой сетью автомобильных и железных дорог.

Исследования поверхностных и грунтовых вод, ДО и почвогрунтов проводили в период речной межени с 25 мая по 13 июня 2018 г. (рис. 1). Пробы почвы и ДО отбирали пробоотборником «Burkle», грунтовые воды отбирали из подготовленного шурфа глубиной 0,2 м.

Содержание органического углерода ($C_{орг}$) в ДО и почвогрунтах проводили методом кулонометрического титрования в токе кислорода [6] на экспресс-анализаторе углерода АН-7529 (Гомель, Беларусь). Массовую долю УВ в ДО и почвогрунтах определяли во фракции 0,5 мм по методике [10] на концентратомере КН-2 (Сибэкприбор, Россия). Хроматографический анализ экстрактов *n*-алканов в четыреххлористом углероде проводили на газовом хроматографе HP6890 серии 2 с пламенно-ионизационным детектором, капиллярная колонка Ultra 125 м × 0,32 мм × 0,25 мкм в режиме от 60 до 280° С. Хроматограммы обрабатывались программой HP3365, версия A03.01 Hewlett Packard 1992 г.

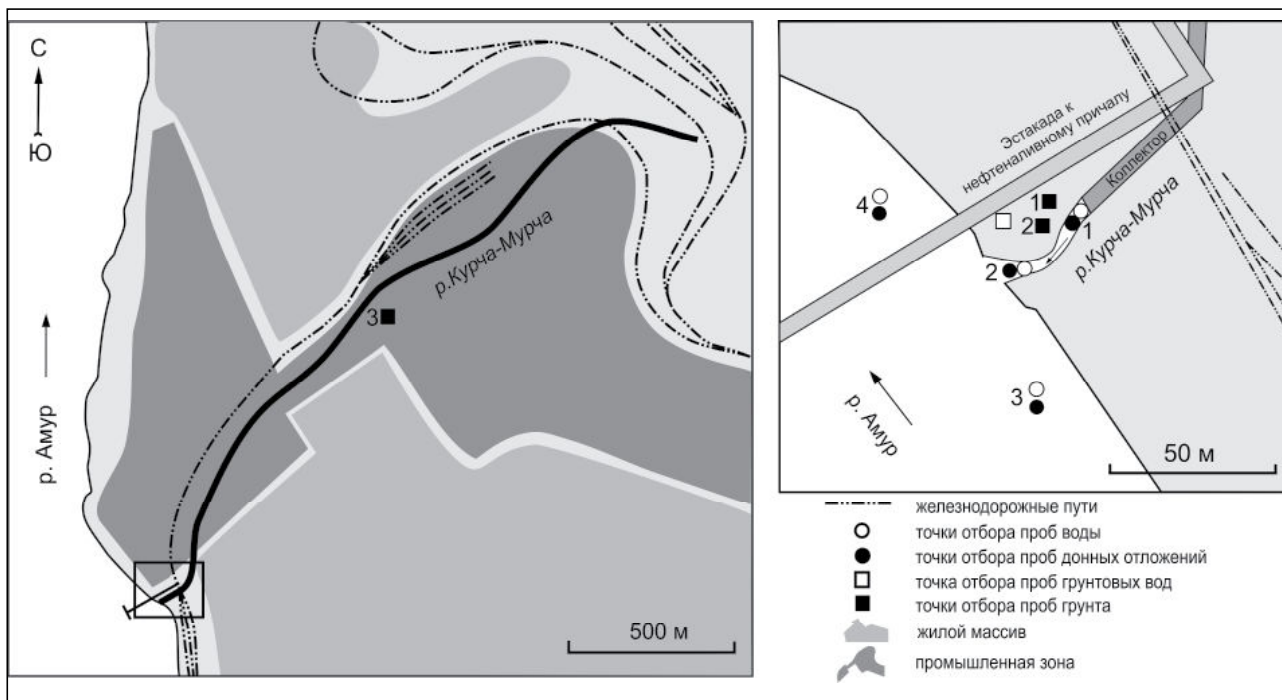


Рис. 1. Карта-схема района исследований

Fig. 1. Scheme of the research area

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в речной воде, ДО и почвогрунтах определяли общепринятыми в микробиологии методами [12]. Идентификацию выделенных штаммов микромицетов проводили по общепринятому определителю Л.Н. Егоровой [4]. Для микробиологической оценки качества воды использовали численность группы сапротрофных бактерий (СБ) [3].

Результаты и обсуждение

Вода

По гидрохимическому типу воды малых водотоков г. Хабаровска относятся к карбонатно-натриевым и характеризуются повышенной минерализацией [15].

Сравнительная оценка содержания УВ на различных участках р. Курча-Мурча и приемника ее вод р. Амур показала (рис. 2), что максимальное содержание УВ (24 ПДК) отмечено в р. Курча-Мурча на выходе из коллектора (1,2 мг/дм³). В воде устья реки этот показатель снижался в 2 раза, что, вероятнее всего, обусловлено развитием процессов сорбции, коагуляции, соосаждения, играющих важную роль в выведении УВ из миграционного потока и накоплении их в ДО. Минимальное содержание УВ установлено в воде контрольного створа р. Амур (ст. 3), где превышение ПДК отсутствует. Ниже по течению в 50 м от устья р. Курча-Мурча содержание УВ лишь немного пре-

вышает значение ПДК и составляет 0,07 мг/дм³.

Микробные сообщества очень чутко реагируют на изменение концентрации УВ в воде. При увеличении содержания УВ увеличивается общая численность гетеротрофных бактерий (ОЧГБ), в том числе численность нефтеокисляющих бактерий (НОБ) (рис. 2). Оценка качества воды по микробиологическим показателям на основе численности сапрофитных бактерий [3] показала, что воды р. Курча-Мурча относятся к VI классу качества вод и характеризуются как очень грязные. Если в контрольном створе р. Амур воды относились ко II классу качества, то после смешения вод ручья с амурскими водами их качество ухудшилось до IV класса.

Для исследования загрязнённости подземных вод УВ была отобрана проба из шурфа глубиной 0,2 м. При закладке шурфа из выработки на поверхность участка отмечался самоизлив тёмно-окрашенной подземной воды со стойким запахом нефтепродуктов, содержание в ней УВ составляло 29,7 мг/дм³. При сравнении качества подземной воды с требованиями СанПиН [13] обнаружены превышения по всем исследуемым показателям: по запаху – в 2,5 раза; по нефтепродуктам – в 297 раз. Такое anomalно высокое значение последнего показателя обусловлено поступлением нефтепродуктов с территории промзоны.

Содержание углеводов

в почвогрунтах и донных отложениях

На исследуемом участке почвы как естественные природные образования отсутствуют, здесь распространены техноземы. Пробы почвогрунтов ст. 1 и ст. 2 отобраны между руслом р. Курча-Мурча и нефтеналивным причалом АО «ННК-Хабаровскнефтепродукт» (рис. 1), представляют собой щебнисто-дресвянистый грунт с примесью незначительной части мелкозема, сырой, уплотненный, грязно-бурого цвета. Почвогрунты со ст. 1 отличаются выраженным запахом нефтепродуктов, pH 7,8. Проба почвогрунтов ст. 3 отобрана 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 тяжелосуглинистый, крупно-комковато-ореховой структуры, плотный, pH 6,0–6,5.

Содержание УВ в почвогрунтах варьировало от 400 до 4560 мг/кг (табл. 1). Максимальное содержание отмечено на ст. 1, минимальное – на ст. 3. Допустимое содержание УВ для почв и грунтов не нормируется. Рекомендуемые ориентировочно допустимые уровни (ОДК) по разным

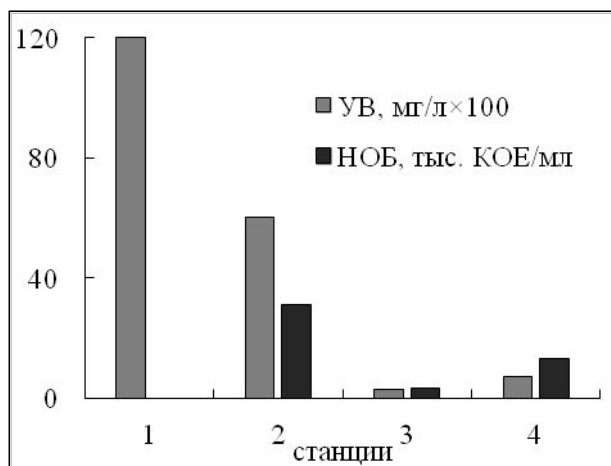


Рис. 2. Содержание углеводов и численность нефтеокисляющих бактерий в воде р. Курча-Мурча и р. Амур (номера станций см. на рис. 1)

Fig. 2. Content of hydrocarbons and the number of oil-oxidizing bacteria in the water of the Kurcha-Murcha River and the Amur River (see station numbers in Fig.1)

документам варьируют от 300 до 1000 мг/кг [11]. С учётом этих требований концентрация УВ в исследованных почвогрунтах превышает рекомендуемые допустимые нормы. Согласно градации Ю.И. Пиковского [9], содержание УВ в исследованных образцах почвогрунтов определяется в диапазоне от «повышенно-фонового» (ст. 3) до уровня «сильное» (ст. 1).

Анализ молекулярного состава УВ с использованием нормальных алканов (*n*-алканов) в качестве маркеров вклада антропогенной и природной составляющих в генезис органического вещества (ОВ) позволяет получить более полную информацию об источниках формирования ОВ и загрязнения ДО и почв УВ. Суммарное содержание *n*-алканов в углеводородной фракции почвогрунтов варьировало от 0,9 до 2,9 мг/кг, при максимальном содержании на ст. 1 (табл. 1). Содержание *n*-алканов в грунте занимает промежуточное положение

между техногенно-загрязненными и природными территориями [17, 20].

Гомологические ряды *n*-алканов исследуемых почвогрунтов отличались диапазоном идентифицированных компонентов (табл. 1). Отношение нечетных к четным *n*-алканам как по всему диапазону идентифицированных гомологов, так и в высокомолекулярной области (CPI) во всех почвогрунтах меньше 1, что указывает на присутствие трансформированных УВ [2]. В почвогрунтах ст. 1 с самым высоким содержанием *n*-алканов содержание низкомолекулярных и высокомолекулярных гомологов практически одинаково ($\sum C_{14-22} / \sum C_{23-36} = 1,01$). Данный показатель в сочетании с доминирующей ролью четных *n*-алканов ($nч/ч = 0,72$; CPI = 0,45) характеризуют низкую биопродуктивность и загрязненность почвенного профиля [1], что подтверждается низким содержанием *n*-алканов, генетически связан-

Таблица 1

Состав углеводородов в почвогрунтах и донных отложениях промзоны г. Хабаровска

Table 1

Composition of hydrocarbons in soil-ground and bottom sediments of the industrial zone of Khabarovsk

Показатели	Почвогрунты			Донные отложения			
	1	2	3	1	2	3	4
C _{орг} , %	0,95	0,48	-	3,23	1,22	0,53	0,78
УВ, мг/кг	4560	2120	400	17640	7590	1180	3560
<i>n</i> -алканы, мг/кг	2,94	1,17	0,90	4,21	3,54	3,54	1,96
Длина углеродной цепи идентифицированных <i>n</i> -алканов	C ₁₄₋₃₆	C ₁₈₋₃₅	C ₁₉₋₃₅	C ₁₄₋₃₅	C ₁₄₋₃₇	C ₂₀₋₃₄	C ₁₅₋₃₆
Групповой состав <i>n</i> -алканов, % от общей площади пиков							
$\sum C_{14-22}$	45,5	25,9	26,9	63,7	39,2	20,7	38,9
$\sum C_{23-37}$	45,1	66,1	73,1	16,3	49,1	79,1	61,1
$\sum C_{14-22} / \sum C_{23-37}$	1,0	0,4	0,4	3,9	0,8	0,3	0,6
$\sum C_{14-36}$ (четные)	52,7	55,8	66,4	36,4	53,8	79,9	55,0
$\sum C_{14-36}$ (нечетные)	37,9	36,2	33,6	43,9	34,5	20,1	31,5
nч/ч	0,7	0,7	0,5	1,2	0,6	0,3	0,6
$\sum C_{25-36}$ (четные)	31,1	36,0	47,4	8,3	30,1	59,2	38,1
$\sum C_{25-36}$ (нечетные)	13,9	30,2	25,7	5,8	21,7	20,1	16,6
CPI*	0,5	0,8	0,5	0,7	0,7	0,3	0,4
$\sum C_{27, 29, 31}$	9,6	16,1	16,6	2,7	10,4	20,1	10,2
$\sum C_{19-25}$	26,2	18,7	26,9	16,8	16,6	20,7	10,9

Примечание: CPI* – отношение суммы нечетных к сумме четных *n*-алканов в высокомолекулярной области

ных с высшей растительностью ($\sum C_{27, 29, 31} = 9,36\%$ от общей суммы n -алканов) на фоне достаточно высокой доли микробно-деструктивной составляющей в составе УВ ($\sum C_{19-25} = 26,2\%$ от общей суммы n -алканов). По мере снижения общего содержания УВ в почвогрунтах ст. 2 и 3 доля n -алканов, синтезируемых высшей растительностью, увеличивается до 16,55% от суммы n -алканов. На «условно-фоновом» участке (ст. 3) состав n -алканов демонстрирует достаточно высокий вклад микробно-деструктивной составляющей в состав трансформированных УВ ($\sum C_{19-25} = 26,9\%$ от общей суммы n -алканов). Вероятно, процессы трансформации УВ в данном грунте завершаются на уровне остаточных концентраций общих УВ (400 мг/кг) и n -алканов (0,9 мг/кг).

Донные отложения, отобранные в устьевой части р. Курча-Мурча и в р. Амур, в естественном состоянии представлены преимущественно песчаными отложениями с глинистым заполнителем. Алкановая фракция УВ в исследованных ДО составляла от 1,96 до 4,21 мг/кг, ее содержание варьировало в соответствии с общим содержанием УВ.

В ДО ст. 1 в составе УВ доминируют низкомолекулярные гомологи, составляющие около 64% от суммы n -алканов (табл. 1). Имеются черты ОБ биогенного генезиса, отношение нечетных гомологов к четным по всей области > 1 , однако доля n -алканов терригенного генезиса ($\sum C_{27, 29, 31}$) в составе ОБ невелика и составляет 2,7%, что, вероятно, обусловлено частичной изоляцией ручья от поверхностного стока за счет наличия коллектора. На остальных станциях в составе n -алканов доминировали высокомолекулярные, а также четные гомологи. Наиболее значимая доля n -алканов (20,1%), маркирующих ОБ терригенного (растительного) генезиса, была выявлена в ДО фонового створа р. Амур (ст. 3). Здесь же отмечена самая высокая доля микробно-деструктивной составляющей ($\sum C_{19-25} = 20,73\%$ от общей суммы n -алканов) по сравнению с другими станциями. В устье р. Курча-Мурча (ст. 2) и в р. Амур ниже него (ст. 4) доля терригенных УВ в ДО была практически равной и в 2 раза ниже, чем в ДО фонового створа р. Амур (табл. 1).

Общими чертами в распределении n -алканов в молекулярных спектрах исследованных почвогрунтов и ДО является доминирование четных гомологов, что указывает на присутствие продуктов горения растительности и нефтепродуктов. Известно, что при горении происходит разрушение высокомолекулярных n -алканов с преобладанием нечетного числа атомов углерода

и образование низкомолекулярных n -алканов с преобладанием четного числа атомов углерода в цепи [18, 19].

Микробные сообщества почвогрунтов и донных отложений

Численность микроорганизмов и разнообразие микробного сообщества в исследованных почвогрунтах зависит от уровня их загрязнения. Наибольшим биоразнообразием отличаются почвогрунты фонового участка (ст. 3) с «повышенно фоновым» содержанием УВ. Только здесь было выявлено несколько эколого-трофических групп микромицетов. Среди почвенных сапротрофов доминировали микромицеты *Aspergillus niger*, группа факультативно фитопатогенных грибов представлена *Fusarium oxysporum*, энтомопатогенных грибов, возбудителей микозов насекомых, – *Paecilomyces lilacinus*. Данные виды грибов часто встречаются в местообитаниях, подверженных антропогенным нагрузкам. Одним из основных факторов, повлиявших на отсутствие анаморфных родов в почвогрунтах ст. 1 и ст. 2, является рН среды 7,8. Такие значения рН являются оптимальными для развития различных эколого-трофических групп бактерий и крайне неблагоприятны для микромицетов, предпочитающих более кислую реакцию среды. Почвогрунты с разным уровнем УВ загрязнения показывают близкую реакцию микроорганизмов. Они отличаются как по общей численности гетеротрофных бактерий, так и по численности нефтеокисляющих бактерий (табл. 2).

Бактериобентосные сообщества р. Курча-Мурча формировались в условиях интенсивного антропогенного пресса на водный объект, что нашло отражение в высокой численности микроорганизмов (табл. 2) с максимумом в ДО на выходе из коллектора (ст. 1). Здесь общая численность гетеротрофных бактерий была сопоставима с численностью ОЧГБ в ДО малых рек центральной части г. Хабаровска, где отмечается загрязнение бытовыми сточными водами и нефтепродуктами, при этом численность НОБ была выше в 14 раз [14].

При оценке нефтяного загрязнения большое значение имеют не только абсолютные величины содержания УВ, но и их доля в составе ОБ. Кроме этого важным показателем самоочищающей способности почв и ДО от нефтепродуктов является процентное содержание в гетеротрофном микробном сообществе бактерий, способных к окислению нефти (табл. 2).

Считается, что фоновое состояние грунтов характеризуется долей УВ в составе $C_{опр}$, не превышающей 1%. В исследованных почвогрунтах и

Характеристика углеводородного загрязнения почвогрунтов
и донных отложений территории промзоны г. Хабаровска

Characteristics of soil-ground and bottom sediments pollution
by hydrocarbons in the industrial zone of Khabarovsk

Станции	$C_{орг}$, мг/кг	УВ, мг/кг	УВ/ $C_{орг}$, %	ОЧГБ, млн КОЕ/г	НОБ, млн КОЕ/г	НОБ/ОЧГБ, %
Почвогрунты						
1	9500	4560	48,0	47,0	5,9	12,6
2	4800	2120	44,2	33,0	5,8	17,7
3	-	400	-	27,0	9,4	34,8
Донные отложения						
1	32300	17640	54,6	175,0	45,0	25,7
2	12200	7590	62,2	18,5	30,5	> 100
3	5300	1180	22,3	3,0	2,0	66,7
4	7800	3560	45,6	24,0	10,0	41,7

Примечание: «-» – не определяли

ДО этот показатель составляет от 22,3 до 62,2% (табл. 2). Такой вклад УВ в состав ОБ характерен для почв и ДО в условиях хронической нефтяной нагрузки [7]. Максимальная численность нефтеокисляющих бактерий была выявлена в ДО устьевого участка р. Курча-Мурча. Сообщество бактерий данного участка формировалось в условиях хронического загрязнения высокими концентрациями нефтепродуктов, где они являлись практически единственным доступным источником углерода. Поэтому способность бактерий к утилизации УВ оказалась значительно выше, чем к органическим веществам, присутствующим в традиционных питательных средах, НОБ/ОЧГБ > 100%. Известно, что условным показателем, установленным для незагрязненных грунтов, является содержание 10% НОБ от ОЧГБ [8]. Содержание НОБ в сообществе бактерий рассматриваемых почвогрунтов и ДО территории промзоны значительно превышало данный показатель, что в значительной мере подтверждает наличие хронического загрязнения исследованной территории углеводородами.

Выводы

Проведены комплексные химико-аналитические и микробиологические исследования состояния воды, почвогрунтов и донных отложений территории промзоны Кировского района г. Хабаровска.

Влияние стока с территории промзоны на качество воды и донных отложений р. Амур проявляется в увеличении химических и микробиологических показателей в зоне воздействия р. Курча-Мурча в сравнении с фоновым створом. Максимальное количество УВ аккумулируется в донных отложениях русла реки (до 17640 мг/кг). Содержание углеводородов в донных отложениях р. Амур ниже устья р. Курча-Мурча характеризуется как «сильное», в донных отложениях р. Курча-Мурча – как «опасное».

Высокий уровень содержания углеводородов в донных отложениях р. Курча-Мурча обусловлен восстановительными условиями, которые препятствуют микробиологическому окислению углеводородов, поэтому они консервируются и накапливаются в ДО р. Курча-Мурча, создавая «депо» для вторичного загрязнения водной среды.

Установлено, что хроническое загрязнение почв и донных отложений углеводородами изменяет структуру микробных сообществ в пользу адаптированных к данному виду загрязнения групп микроорганизмов.

Исследование состава углеводородов почв и донных отложений на уровне молекулярных маркеров показало, что их основная масса представлена продуктами микробиологической и пирогенной трансформации нефтяных и природных углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Габов Д.Н., Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Груздев И.В. Насыщенные углеводороды в фоновых и загрязненных почвах Предуралья // Почвоведение. 2010. № 10. С. 1190–1196.
2. Геннадиев А.Н., Завгородняя Ю.А. Пиковский Ю.И., Смирнова М.А. Алканы как компоненты углеводородного состояния почв: поведение, индикационное значение // Почвоведение. 2018. № 1. С. 38–48.
3. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012472> (дата обращения: 27.11.2018).
4. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1986. 192 с.
5. Кошельков А.М., Матюшкина Л.А. Оценка химического загрязнения почв водоохраных зон малых рек города Хабаровска // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 2. С. 76–85.
6. Милановский Е.Ю., Хайдапова Д.Д., Поздняков А.И., Тюгай З., Початкова Т.Н., Черноморченко Н.И., Манучаров А.С. Практикум по физике твердой фазы почв: учеб. пособ. Тула, 2011. 63 с.
7. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки). М.: Науч. мир, 2004. 328 с.
8. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 247 с.
9. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. М.: МГУ, 1993. 208 с.
10. ПНД Ф 16.1:2.2.22–98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в минеральных, органогенных, органно-минеральных почвах и донных отложениях методом ИК-спектроскопии. М.: Гос. ком. РФ по охране окружающей среды, 2005. 21 с.
11. Постановление Правительства Москвы от 22 июля 2008 г. N 589-ПП «Об утверждении методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв». URL: <http://docs.cntd.ru/document/3691915> (дата обращения: 27.11.2018).
12. Практикум по микробиологии: учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; под ред. А.И. Нетрусова. М.: Изд. центр. «Академия», 2005. 608 с.
13. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения». URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 27.11.2018).
14. Фишер Н.К., Гаретова Л.А., Имранова Е.Л., Кириенко О.А., Афанасьева М.И. Оценка экологического состояния малых рек центральной части Хабаровска в период снеготаяния // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 3. С. 35–44.
15. Шестеркин В.Н., Шестеркина Н.М. Гидрохимия речных вод г. Хабаровска // Геохимические и биогеохимические процессы в экосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 112–119.
16. Янин Е.П. Техногенные речные илы (условия формирования, вещественный состав, геохимические особенности). М.: НП «АРСО», 2018. 415 с.
17. Carr A.S., Boom A., Grimes H.L., Chase B.M., Meadows M.E., Harris A. Leaf wax n-alkane distributions in arid zone South African flora Environmental control, chemotaxonomy and palaeoecological implication // Org. Geochem. 2014. Vol. 67. P. 72–84.
18. Eckmeier E., Wiesenberg G.L.B. Short-chain n-alkanes (C16-C20) in ancient soil are useful molecular markers for prehistoric biomass burning // J. Archaeological Sci. 2009. Vol. 36. P. 1590–1596.
19. Kuhn Th. K., Krull E.S., Bowater A., Grice K., Gleixner G. The occurrence of short chain n-alkanes with an even over odd predominance in higher plants and soil // Org. Geochem. 2010. Vol. 41. P. 88–95.
20. Sojini S.J., Sonidar J.J., Ekundayo O., Zeng E.Y. Assessing anthropogenic contamination in surface sediments of Niger Delta, Nigeria with fecal sterols and n-alkanes as indicators // Sci. Total Environ. 2012. Vol. 441. P. 89–96.

ASSESSMENT OF HYDROCARBON CONTAMINATION IN THE INDUSTRIAL AREA OF KHABAROVSK (WATER, SOILS, SEDIMENTS)

L.A. Garetova, N.K. Fisher, E.L. Imranova, O.A. Kirienko, A.M. Koshelkov, Z.N. Tugay

Complex chemical-analytical and microbiological studies of hydrocarbon pollution of water, soil and bottom sediments in the industrial zone of Khabarovsk have been carried out. The content of hydrocarbons (hydrocarbons) in soils ranged from 400 to 4560 mg/kg which corresponds to the degree of pollution from "increased -background" to "strong". The maximum (up to 17640 mg/kg) level of hydrocarbons accumulation was identified in bottom sediments of a small river Kurcha-Murcha. The industrial zone runoff to the Amur results in increase of the hydrocarbon content and the number of oil-oxidizing bacteria in the impact zone of the Kurcha-Murcha River. The content of hydrocarbon in the Amur River before the mouth of the Kurcha-Murcha River is defined as "dangerous", and in the Kurcha-Murcha River as "strong". At the level of molecular markers (n-alkanes), it was established the predominance of microbiologically and pyrogenically transformed hydrocarbons in soils.

Keywords: Khabarovsk, industrial zone, small river, soils, bottom sediments, hydrocarbons, microorganisms, n-alkanes.