

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 556.551

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(46-55)

Д. В. МОСКОВЧЕНКО*, *******, **А. Г. БАБУШКИН****

*Институт проблем освоения Севера СО РАН,
625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия, moskovchenko@hotmail.ru

**Институт геоинформационных систем,
625000, Тюмень, ул. Одесская, 44, к. 1, Россия, ab@gisi.ru

***Тюменский государственный университет,
625003, Тюмень, ул. Володарского, 6, Россия, moskovchenko@hotmail.ru

НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПРОТОК РЕКИ ОБИ НА ТЕРРИТОРИИ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА — ЮГРЫ

Проведен анализ нефтяного загрязнения вод р. Оби по данным многолетнего (1993–2013 гг.) гидрохимического мониторинга на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа. Определено содержание нефтяных углеводородов в 4277 пробах из главного русла Оби и 7076 пробах из 27 протоков с использованием метода инфракрасной спектроскопии. Превышение ПДК (0,05 мг/дм³) отмечено в 28 % проб из главного русла и в 32 % — из протоков. Суммарная доля проб с экстремально высоким (>50 ПДК) и высоким (30–50 ПДК) уровнем загрязнения составила 0,3 % выборки для протоков и 0,1 % для главного русла. Максимальное загрязнение выявлено в восточной части округа, от его восточной границы до устья р. Тромъеган, что связано со значительным числом аварий на трубопроводах в пределах Нижневартовского района. Верхний и нижний квартили в наиболее загрязненных протоках Материковый Пасл и Баграс составляют 0,03–0,17 и 0,032–0,16 мг/дм³ соответственно, в то время как в главном русле Оби — 0,022–0,065 мг/дм³ (0,4–1,2 ПДК). С применением методов геоинформатики и математической статистики оценена зависимость содержания НУВ от количества источников загрязнения (кустов скважин, площади нефтяных разливов) в зонах с различным удалением от речных русел. Вычисление коэффициентов корреляции Спирмена показало, что содержание НУВ главным образом зависит от количества скважин и площади нефтяных разливов на участках, находящихся на расстоянии менее 2 км от русел.

Ключевые слова: Западная Сибирь, протоки, гидрохимия, нефтедобыча, корреляционный анализ.

D. V. MOSKOVCHENKO* ,* AND A. G. BABUSHKIN****

*Institute of Problems of Development of the North, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
ul. Malygina, 86, Tyumen, 625026, Russia, moskovchenko@hotmail.ru

**Institute of Geoinformation Systems, ul. Odesskaya, 44, k. 1, Tyumen, 625000, Russia, ab@gisi.ru

***Tyumen State University, ul. Volodarskogo, 6, Tyumen, 625003, Russia, moskovchenko@hotmail.ru

OIL POLLUTION OF THE ANABRANCHES OF THE OB RIVER ON THE TERRITORY OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS OKRUG — YUGRA

An analysis is made of the oil pollution of the Ob river waters using a long-term (1993–2013) hydrochemical monitoring of oil fields in Khanty-Mansi Autonomous Okrug. Contents of oil hydrocarbons (OHC) were determined in 4277 samples from the main Ob channel, and in 7076 samples from its anabranches by using infrared spectrometry. An increase in MAC (0.05 mg/dm³) was observed in 28 % of the samples from the main channel, and in 32 % from the anabranches. The total percentage of samples with an extremely high (>50 MAC) and high (30–50 MAC) pollution level made up 0.3 % of the samples for the anabranches, and 0.1 % for the main channel. Maximum pollution was revealed in the eastern part of Okrug, from its eastern boundary to the mouth of the Trom'egan river which is associated with a considerable number of accidents on the pipelines within

the Nizhnevartovskii district. The upper and lower quantiles in the most polluted anabranches, Pasl and Bagras, are 0.03–0.17 and 0.032–0.16 mg/dm³, respectively, whereas in the main Ob channel they vary from 0.022 to 0.065 mg/dm³ (0.4–1.2 MAC). The methods of geoinformatics and mathematical statistics were used to assess a dependence of TPH on the number of pollution sources (well clusters, and the area of oil spills) in zones at different distances from the river channels. By calculating the Spearman correlation coefficients, it was shown that TPH contents are dependent mainly on the number of wells, and on the area of oil spills located at less than 2 km from the channels.

Keywords: *Western Siberia, anabranches, hydrochemistry, oil production, correlation analysis.*

ВВЕДЕНИЕ

При изучении условий формирования гидрохимического стока на территории Западной Сибири крайне важен участок Оби в ее среднем течении [1]. Это связано как со спецификой природных условий, так и с особенностями техногенного воздействия. В Среднем Приобье, главным образом на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО–Югры), добывается более половины российской нефти. Ежегодно в округе происходит свыше 3 тыс. аварийных разливов нефти и минерализованных пластовых вод, а в отдельные годы количество аварий превышает 5 тыс. [2]. Неслучайно динамика химического состава вод Оби и притоков часто была предметом изучения, в обобщающих работах отмечалось повышенное содержание в них нефтяных углеводородов (НУВ), хлоридов, фенолов, железа, марганца и других веществ [3–8].

Однако практически во всех гидрохимических исследованиях не учитывается пойменная много-рукавность Оби. От Новосибирска до впадения Иртыша долина реки расширяется до 10 км, а русло разбивается на многочисленные протоки [9]. В небольших протоках, старицах, сорах и в главном русле экологические условия сильно разнятся. Фиксировалось, что в мелких, затопляемых во время половодья протоках Оби вода значительно теплее, а скорость течения ниже, что определяет качественное отличие сообществ гидробионтов [10]. Очевидно, что и гидрохимические показатели проток могут сильно отличаться от характеристик главного русла реки и изменяться в зависимости от гидрологического режима, ландшафтной структуры прилегающих водосборов, влияния антропогенных источников загрязнения. Исследуя состав вод отдельных проток, можно провести оценку факторов техногенеза на прилегающих водосборах. Однако в работах, нацеленных на изучение вод Оби, река обычно рассматривается как единый линейный объект, наличие проток и рукавов с особым гидрохимическим и гидрологическим режимом игнорируется либо их характеристики переносятся на Обь в целом.

Цель представленной работы — определение на территории ХМАО–Югры источников и уровня нефтяного загрязнения Оби как комплексного гидрологического объекта, состоящего из главного русла и проток.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Материалами для исследования послужили данные мониторинга, проводимого на нефтяных месторождениях ХМАО–Югры. Региональная законодательная база предусматривает разработку и выполнение проектов по ведению наблюдений за окружающей средой в пределах лицензионных участков (нефтяных месторождений). Одним из главных контролируемых показателей, учитывая особенности регионального природопользования, выступает содержание в поверхностных водах нефтяных углеводородов.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к работам по экологическому мониторингу на месторождениях ХМАО–Югры [11, 12], опробование выполнялось четыре раза в год с учетом гидрологического режима и охватывало различные сезоны — зимнюю межень, половодье, летне-осеннюю межень. Определение концентрации НУВ проводилось методом инфракрасной спектроскопии (ПНД Ф 14.1:2.5-95; ПНД Ф 14.1:2.4.168-2000) в лабораторных центрах, прошедших государственную аккредитацию. Контроль лабораторий с целью установления достоверности предоставляемых данных осуществлял Ханты-Мансийский филиал федерального государственного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу».

Для достижения поставленной цели использованы результаты мониторинга вод главного русла Оби и 27 проток на участках, подверженных наиболее интенсивному техногенному воздействию, — от восточной границы округа до протоки Ендырской, берущей начало ниже впадения Иртыша (рис. 1).

Обследованные протоки находятся на разных стадиях руслового процесса и различаются по гидрографическим показателям, особенностям гидрологического режима, интенсивности техногенного

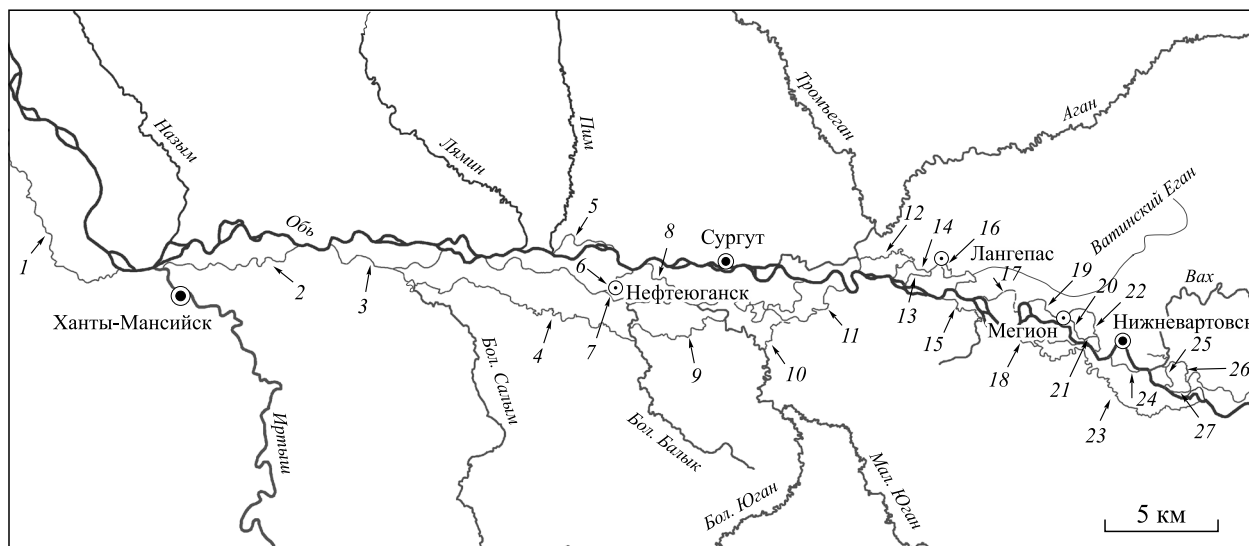


Рис. 1. Обследованные протоки Оби:

1 — Ендырская, 2 — Неулева, 3 — Большая Салымская, 4 — Большая Юганская, 5 — Тундринка, 6 — Сингапай, 7 — Юганская Обь, 8 — Сырой Аган, 9 — Очимкина, 10 — Сигней, 11 — Покомас, 12 — Чумпас, 13 — Ганжеева, 14 — Лангепас, 15 — Покур, 16 — Каюкова, 17 — Материковый Пасл, 18 — Кирьяс, 19 — Посал 1-й, 20 — Мулка, 21 — Баграс, 22 — Мега, 23 — Большой Посал, 24 — Чехлоней, 25 — Безымянная, 26 — Посал 2-й, 27 — Никулкина.

воздействия. Наиболее протяженные и полноводные (Ендырская, Неулева, Большая Салымская, Большая Юганская, Тундринка, Юганская Обь, Лангепас, Кирьяс, Мулка, Чехлоней) — это типичные речные рукава, имеющие ширину в несколько сотен метров. По объему стока они сопоставимы с главным руслом. Малые протоки — ерики — шириной в несколько десятков метров и характеризуются низкой скоростью течения, небольшим объемом стока. К ним относятся Сингапай, Сырой Аган, Очимкина, Сигней, Чумпас, Ганжеева, Покур, Каюкова, Материковый Пасл, Баграс, Посал 1-й, Большой Посал, Посал 2-й, Никулкина. Степень влияния местных источников загрязнения на состав их вод значительно сильнее, чем для крупных рукавов.

Расположенные в пойме Оби и на прилегающих террасах геолого-разведочные и добывающие скважины, нефтепроводы и другие технические объекты представляют значительную экологическую угрозу. В настоящее время вокруг кустовых площадок в обязательном порядке возводится обваловка, препятствующая стоку. Однако в отдельных случаях старые геолого-разведочные скважины такой обваловки не имеют и могут затапливаться во время половодья. В пределах водосборов наиболее протяженных протоков (Большая Юганская, Юганская Обь, Лангепас) насчитываются сотни кустов скважин и выпусков коммунально-очистных сооружений. Морфометрические характеристики протоков и показатели техногенного влияния отражены в табл. 1.

Для оценки нефтяного загрязнения обработаны результаты анализа 11 353 проб (7076 проб из протоков и 4277 — из главного русла Оби). Период наблюдений различался — в отдельных протоках они проводятся на протяжении 20 лет, в других — последние 7–8 лет. Наибольшее число замеров проведено в последнее десятилетие. В 1993–2003 гг. из-за отсутствия соответствующей законодательной и нормативной базы мониторинг велся нерегулярно, количество наблюдений в этот промежуток времени примерно втрое меньше, чем в 2004–2013 гг.

Для анализа экологической ситуации использовалась величина ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения (ПДК_{вр}). Проведены подсчеты доли проб с превышением ПДК_{вр} для каждой обследованной протоки, определены статистические параметры содержания НУВ — верхний и нижний квартили (Q1–Q3), медиана (Me), среднее арифметическое (M). Значения меньше нижнего предела измерения учитывались как половина значения этого предела [13]. На последующей стадии была выполнена оценка корреляционных связей между концентрацией НУВ и показателями техногенного воздействия — количеством кустов добывающих скважин и площадью нефтяных разливов, которые были определены на основании ежегодной отчетности недропользователей, предоставляемой в Природнадзор ХМАО–Югры. Известно, что наибольшее поступление нефтяных углеводородов

Таблица 1

Морфометрические показатели обследованных протоков и количество кустов скважин на различном удалении от русла

Протока	Длина протоки, км	Преобладающая ширина, м	Кол-во кустов скважин в зонах с различным удалением от протоки (средние значения за период 2006–2012 гг.)			Кол-во кустов скважин в расчете на 1 км протяженности протоки для разных зон		
			<1 км	1–2 км	2–5 км	<1 км	1–2 км	2–5 км
Ендырская	254	100–150	4	7	9,5	0,02	0,03	0,04
Неулева	77	250–350	0	0	2	0	0	0,03
Большая Салымская	63	350–500	4	6,5	23	0,06	0,10	0,37
Большая Юганская	151	150–200	34,5	29,5	68,5	0,23	0,20	0,45
Тундрина	38	250–350	1	3	29,5	0,03	0,08	0,78
Сингапай	19	30–40	1	3	28	0,05	0,16	1,47
Юганская Обь	200	300–500	35	43	80,5	0,18	0,22	0,40
Сырой Аган	42	25–30	32	30	67,5	0,76	0,71	1,61
Очимкина	60	30–40	14	19	36,5	0,23	0,32	0,61
Сигней	23	25–30	6	3	9	0,26	0,13	0,39
Покомас	91	50–150	5,5	8	27,5	0,06	0,09	0,30
Чумпас	42	30–40	6	1,5	27,5	0,14	0,04	0,65
Ганжеева	17	20–30	16	12,5	37	0,94	0,74	2,18
Лангепас	70	80–150	27	25,5	61	0,39	0,36	0,87
Покур	35	20–40	0	0	0,5	0	0	0,01
Каюкова	10	10–25	4	6	11,5	0,40	0,60	1,15
Материковый Пасл	28	15–25	15	19	21,5	0,54	0,68	0,77
Кирьяс	44	150–250	0,5	1,5	6,5	0,01	0,03	0,15
Посал 1-й	21	10–20	11	15	44,5	0,52	0,71	2,12
Мулка	19	300–400	2,5	3,5	18	0,14	0,19	1,00
Баграс	16	40–60	2	6	3,5	0,13	0,38	0,22
Мега	31	100–150	14,5	15,5	47	0,47	0,50	1,52
Большой Посал	130	25–50	12	5	30	0,09	0,04	0,23
Чехлоней	19	300–500	0	0	0	0	0	0
Безьянная	14	20–30	2,5	2	10	0,18	0,14	0,71
Посал 2-й	37	80–150	42,5	21	54	0,53	0,26	0,68
Никулкина	14	10–30	10	5,5	3,5	0,71	0,39	0,25

связано с рассредоточенными источниками, в первую очередь с локальными разливами в пределах водосборной площади [14, 15]. Количество нефтяных компонентов увеличивается также за счет миграции и рассеяния и при обычной, неаварийной эксплуатации нефтепромысловых объектов — из устья скважин, шламовых амбаров, хранилищ топлива [16]. Объем неучтенных поступлений косвенно зависит от числа технических объектов — потенциальных источников загрязнения.

Очевидно, что влияние техногенных объектов на уровень загрязнения обусловлено их расположением — чем ближе к урезу воды находятся скважины либо разлив нефти, тем выше вероятность попадания НУВ в речные воды. Поэтому подсчет количества источников загрязнения был проведен в зонах с различным удалением от русла протоков: до 1 км, 1–2 и 2–5 км. Для каждого обследованного водного объекта с использованием программного пакета Mapinfo 7.8 были построены буферные зоны соответствующего радиуса, скорректированы их границы с учетом структуры гидросети и определены количественные показатели, характеризующие источники поступления НУВ. Далее были вычислены показатели удельной нагрузки: соотношение числа скважин и площади разливов в каждой из зон по отношению к протяженности протоков. Поскольку количество кустов скважин в анализируемый период изменялось (росло за счет постоянного увеличения фонда скважин), были подсчитаны средние значения для периода 2006–2012 гг. Затем для определения зависимости содержания НУВ от показателей техногенной нагрузки был проведен корреляционный анализ. Использование традиционно применяемых коэффициентов корреляции Пирсона адекватно отражает реальность только в том случае, если распределения близки к нормальным, а отношения линейны [17]. Однако оценка законов дифференциации для показателей техногенной нагрузки — как абсолютных, так и удельных величин

показала отсутствие нормального распределения. Поэтому применялись коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, подходящие для любых типов распределений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Статистические показатели содержания НУВ в водах главного русла Оби и проток представлены в табл. 2. Анализ многолетней режимной гидрохимической информации показал, что диапазон изменения концентрации НУВ очень велик. В главном русле Оби она в отдельных случаях достигала 100 ПДК_{вр} и более, среднее значение составило 0,062 мг/дм³ (1,2 ПДК_{вр}) и в меньшую сторону отличается от данных, полученных в ходе мониторинга на постах Росгидромета [18]. Согласно им, в 2000–2010 гг. в водах Оби содержание НУВ находилось преимущественно в интервале 0,2–6,6 ПДК_{вр} ниже Нижневартовска и Нефтеюганска и до 5 ПДК_{вр} ниже Сургута. Различия можно связать с тем, что посты Росгидромета расположены поблизости от крупных промышленных городов, влиянием которых обусловлено постоянное поступление НУВ в воды Оби. Следует также отметить, что в более ранних обобщениях результатов мониторинга на месторождениях ХМАО–Югры среднее содержание НУВ в Оби за период 1995–2005 гг. было определено на уровне 1,8 ПДК_{вр} [6]. Таким образом, можно констатировать снижение уровня нефтяного загрязнения.

В протоках показатели нефтезагрязнения отличаются от главного русла в ту или иную сторону: одни протоки характеризуются низким содержанием НУВ, концентрация которых меньше, чем в главном русле, и не превышает ПДК_{вр}; в других, наоборот, уровень загрязнения повышен. Количественное распределение проток с повышенным и пониженным содержанием НУВ примерно одинаковое: в одной половине среднеарифметическое значение содержания НУВ ниже, чем в главном русле, в другой — выше в 1,1–2,3 раза, т. е., в соответствии с [19], уровень загрязненности низкий и средний. Всего доля проб с превышением ПДК_{вр} составила 32 % для проток и 28 % для главного русла Оби.

Максимальное содержание НУВ выявлено в водах проток Лангепас ($M = 2,8$ ПДК_{вр}), Баграс ($M = 2,2$ ПДК_{вр}) и Материковый Пасл ($M = 2,1$ ПДК_{вр}). В них превышение ПДК_{вр} наблюдалось в 64–69 % проанализированных проб. В соответствии с [19], по повторяемости случаев загрязненности 32 % обследованных водных объектов относятся к категории единичного загрязнения, 29 — неустойчивого (сюда входит и главное русло Оби), 21 — устойчивого и 18 % — характерного. Характерное загрязнение, при котором более половины проанализированных проб имеют концентрации НУВ выше уровня ПДК_{вр}, отмечено в протоках Лангепас, Баграс, Материковый Пасл, Ганжеева, Каюкова, Посал 1-й.

Случаи экстремально высокого загрязнения с превышением ПДК_{вр} в 50 раз и более наблюдались в протоках Ганжеева, Лангепас, главном русле Оби, в 30 раз и более (высокий уровень загрязнения) — в Юганской Оби, протоках Мега, Савкинский Пасол, Сингапай, Ендырская. Экстремальное и высокое загрязнение связано с авариями на трубопроводах в пределах поймы и прилегающих террас. Доля проб с экстремально высоким (>50 ПДК_{вр}) и высоким (30–50 ПДК_{вр}) уровнем загрязнения составляет 0,3 % выборки для проток и 0,1 % — для главного русла Оби.

Поскольку экстремальные значения, не характерные для вариационного ряда, сильно влияют на среднеарифметическую величину, для оценки экологической ситуации за длительный период времени больше подходят структурные характеристики — медиана и квартили. Вычисление медианы продемонстрировало, что в протоках Материковый Пасл и Баграс более половины проб имеют концентрации на уровне 2 ПДК_{вр} и выше, в протоке Лангепас в 50 % проб содержание НУВ превышает 0,07 мг/дм³ (1,4 ПДК_{вр}). В водах проток Посал 1-й, Лангепас, Материковый Пасл, Баграс 25 % проб отличаются концентрацией НУВ выше 0,15 мг/дм³ (3 ПДК_{вр}). Таким образом, водосборные площади этих проток подвержены хроническому нефтезагрязнению.

Пространственный анализ показывает, что наиболее сильно загрязнение выражено на участке от восточной границы округа до устья р. Тромъеган, что связано со значительным числом аварий в пределах Нижневартовского района. Ниже Сургута загрязнение проток выражено слабее, содержание НУВ в их водах меньше, чем в главном русле Оби, за исключением протоки Неулева (см. табл. 2). Близость показателей нефтезагрязнения главного русла и этой протоки объясняется тем фактом, что Неулева — типичный крупный речной рукав, по морфометрическим показателям и расходу мало отличающийся от главного русла.

Чтобы оценить влияние различных источников на уровень загрязнения вод проток Оби, была рассмотрена корреляционная зависимость между содержанием НУВ и показателями, характеризующими интенсивность техногенного воздействия: площадью нефтезагрязненных земель и количеством

Таблица 2

Статистические показатели содержания НУВ в водах речной системы Оби на территории ХМАО—Югры

Водный объект	Q1	Q3	Me	M	Доля проб с превышением ПДК, %	Кол-во проб	Период наблюдений
1	2	3	4	5	6	7	8
Главное русло Оби	$\frac{0,022}{0,4}$	$\frac{0,065}{1,2}$	$\frac{0,031}{0,6}$	$\frac{0,062}{1,2}$	28	4277	1993–2013
Протоки							
Ендырская	$\frac{0,02}{0,4}$	$\frac{0,044}{0,9}$	$\frac{0,029}{0,6}$	$\frac{0,054}{1,1}$	19	323	2006–2013
Неулева	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,060}{1,2}$	$\frac{0,031}{0,6}$	$\frac{0,079}{1,6}$	31	26	2006–2009
Большая Салымская	$\frac{0,010}{0,2}$	$\frac{0,021}{0,4}$	$\frac{0,012}{0,2}$	$\frac{0,023}{0,5}$	6	87	2007–2013
Большая Юганская	$\frac{0,010}{0,2}$	$\frac{0,032}{0,64}$	$\frac{0,020}{0,4}$	$\frac{0,025}{0,5}$	7	343	2004–2013
Тундрина	$\frac{0,026}{0,5}$	$\frac{0,045}{0,9}$	$\frac{0,033}{0,7}$	$\frac{0,039}{0,8}$	19	105	2007–2013
Сингапай	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,048}{0,9}$	$\frac{0,021}{0,4}$	$\frac{0,069}{1,4}$	22	138	2004–2012
Юганская Обь	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,024}{0,5}$	$\frac{0,012}{0,3}$	$\frac{0,024}{0,5}$	8	729	2004–2013
Сырой Аган	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,028}{0,6}$	$\frac{0,012}{0,2}$	$\frac{0,040}{0,8}$	15	88	2004–2013
Очимкина	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,020}{0,4}$	$\frac{0,012}{0,2}$	$\frac{0,022}{0,4}$	8	84	2004–2013
Сигней	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,026}{0,5}$	$\frac{0,011}{0,2}$	$\frac{0,031}{0,6}$	12	198	2004–2013
Покомас	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,022}{0,4}$	$\frac{0,012}{0,2}$	$\frac{0,022}{0,4}$	6	105	2007–2013
Чумпас	$\frac{0,01}{0,2}$	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,013}{0,3}$	$\frac{0,018}{0,4}$	4	56	2007–2013
Ганжеева	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,140}{2,8}$	$\frac{0,064}{1,3}$	$\frac{0,090}{1,8}$	59	303	1993–2013
Лангепас	$\frac{0,028}{0,6}$	$\frac{0,150}{3,0}$	$\frac{0,070}{1,4}$	$\frac{0,141}{2,8}$	64	1021	1993–2011
Покур	$\frac{0,015}{0,3}$	$\frac{0,028}{0,6}$	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,027}{0,5}$	7	188	1999–2013
Каюкова	$\frac{0,02}{0,4}$	$\frac{0,100}{2,0}$	$\frac{0,068}{1,4}$	$\frac{0,073}{1,5}$	55	115	1993–2013
Материковый Пасл	$\frac{0,030}{0,6}$	$\frac{0,170}{3,4}$	$\frac{0,100}{2,0}$	$\frac{0,106}{2,1}$	69	150	1993–2008, 2013
Кирьяс	$\frac{0,024}{0,5}$	$\frac{0,028}{0,6}$	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,028}{0,6}$	2	119	2006–2013
Посал 1-й	$\frac{0,023}{0,46}$	$\frac{0,157}{3,1}$	$\frac{0,046}{0,9}$	$\frac{0,095}{1,9}$	49	236	1994–2013
Мулка	$\frac{0,023}{0,5}$	$\frac{0,037}{0,7}$	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,034}{0,7}$	14	256	1993–2013
Баграс	$\frac{0,032}{0,6}$	$\frac{0,160}{3,2}$	$\frac{0,100}{2,0}$	$\frac{0,111}{2,2}$	67	152	1993–2006
Мега	$\frac{0,021}{0,4}$	$\frac{0,107}{2,1}$	$\frac{0,028}{0,6}$	$\frac{0,068}{1,4}$	34	958	1993–2013

1	2	3	4	5	6	7	8
Большой Посал	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,050}{1,0}$	$\frac{0,040}{0,8}$	$\frac{0,042}{0,8}$	18	274	1998–2013
Чехлоной	$\frac{0,02}{0,4}$	$\frac{0,040}{0,8}$	$\frac{0,030}{0,6}$	$\frac{0,031}{0,6}$	3	61	2006–2013
Безымянная	$\frac{0,024}{0,5}$	$\frac{0,061}{1,2}$	$\frac{0,038}{0,8}$	$\frac{0,062}{1,2}$	31	474	1993–2012
Посал 2-й	$\frac{0,025}{0,5}$	$\frac{0,070}{1,4}$	$\frac{0,042}{0,8}$	$\frac{0,072}{1,4}$	38	344	1994–2013
Никулкина	$\frac{0,027}{0,5}$	$\frac{0,079}{1,6}$	$\frac{0,046}{0,9}$	$\frac{0,070}{1,4}$	41	143	2007–2013

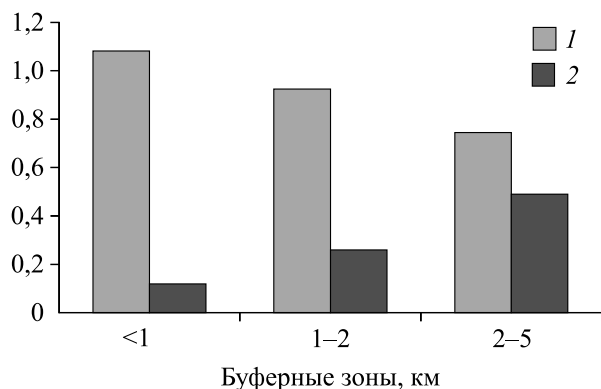
Примечание. В числителе — в мг/дм³, знаменателе — в долях ПДК_{вр}.

кустов добывающих скважин (в абсолютных и удельных величинах). Данные о площади нефтяных разливов были определены только для Нижневартовского района, в котором была проведена детальная инвентаризация загрязненных земель.

На основе анализа пространственного распределения источников загрязнения по зонам с различной удаленностью от русел можно утверждать, что плотность кустов скважин максимальна в прибрежной зоне проток (<1 км), в то время как площадь нефтезагрязненных земель увеличивается по мере удаления от проток (рис. 2). Преобладание кустов скважин вблизи уреза воды связано с технологическими факторами, в то время как размещение нефтяных разливов на удалении 2–5 км от русел обусловлено ростом протяженности трубопроводов и увеличением числа аварий в этой зоне. В наибольшей степени загрязнены территории, прилегающие к протокам Посал 1-й (Ватинское месторождение) и Мега (Мегионское и Самоглорское месторождения) (табл. 3).

Значения коэффициентов корреляции представлены в табл. 4 и 5. Прежде всего необходимо отметить, что при анализе влияния кустов скважин достоверная зависимость наблюдается только при переходе к показателям удельной нагрузки, т. е. между числом кустов скважин по отношению к протяженности проток (см. табл. 4). Наибольшие величины выявлены для зоны 1–2 км, а не <1 км, как можно было ожидать. Это объясняется повышенным вниманием недропользователей к соблюдению требований природоохранных регламентов и пониманием высокого экологического риска при размещении скважин в непосредственной близости от уреза воды. Слабая связь между числом скважин и содержанием НУВ отмечена для зоны, удаленной от русел более чем на 2 км, что говорит об уменьшении объемов поступления загрязнителей по мере удаления от русла. Небольшие утечки из устья скважин, вынос из шламовых амбаров на расстояние более 2 км не оказывают определяющего влияния на уровень нефтяного загрязнения поверхностных вод. Статистически значима только зависимость между плотностью скважин и долей проб с превышением ПДК_{вр}, где $R = 0,46$.

Рассмотрение коэффициентов корреляции, характеризующих связь между площадью нефтезагрязненных земель и содержанием НУВ (см. табл. 5), также показывает, что максимальное влияние на загрязнение поверхностных вод оказывают разливы, расположенные на расстоянии 1–2 км от



водного объекта. Наблюдается рост зависимости при переходе к удельным показателям нагрузки. Для зон с удалением более 2 км значения коэффициентов корреляции снижаются. Ослабление влияния разливов, находящихся на расстоянии более

Рис. 2. Плотность источников нефтезагрязнения в зонах с различным удалением от русел.

1 — плотность размещения кустов скважин, кустов/10 км²; 2 — площадь, занимаемая нефтяными разливами, по отношению к общей площади буферной зоны, %.

Таблица 3

Показатели нефтезагрязненных земель на прилегающих к протокам участках

Протока	Площадь разливов, га			Удельная нагрузка на 1 км протоки		
	$S_{<1}$	S_{1-2}	S_{2-5}	$S_{<1}/L$	S_{1-2}/L	S_{2-5}/L
Лангепас	7,9	1,5	105,1	0,1	0,022	1,50
Покур	0	0	3,6	0	0	0,10
Каюкова	0	3,0	110,3	0	0,30	11,0
Материковый Пасл	0	39,5	5,3	0	1,41	0,19
Кирьяс	0	0	1,6	0	0	0,04
Посал 1-й	23,3	45,5	446,4	1,11	2,17	21,3
Мулка	0	0	6,9	0	0	0,38
Баграс	6,9	0	0	0,43	0	0
Мега	17,1	38,8	193,8	0,55	1,25	6,25
Большой Посал	30,5	42,1	73,6	0,23	0,32	0,57
Чехлоней	0	0	0	0	0	0
Безымянная	0	0	9,0	0	0	0,64
Посал 2-й	17,7	135,3	106,6	0,22	1,69	1,33
Никулкина	1,1	0,3	9,0	0,08	0,02	0,64

Примечание. Здесь и в табл. 5: S — площадь нефтяных разливов в зонах с удалением от протоки <1, 1–2 и 2–5 км; здесь и в табл. 4 и 5: L — длина протоки.

Таблица 4

Значения коэффициентов корреляции Спирмена между показателями содержания НУВ, числом и плотностью размещения кустов скважин

Показатель	$N_{<1}$	N_{1-2}	N_{2-5}	$N_{<1}/L$	N_{1-2}/L	N_{2-5}/L
Q1	0,05	0,02	–0,10	0,27	0,30	0,11
Q3	0,09	0,10	–0,02	0,39	0,50	0,33
Me	0,01	–0,01	–0,16	0,30	0,37	0,17
M	0,09	0,15	–0,02	0,39	0,51	0,34
Доля проб с превышением ПДК, %	0,26	0,31	0,11	0,56	0,66	0,46

Примечание. $N_{<1}$ – N_{2-5} — количество кустов скважин в зонах с удалением от протоки <1, 1–2 и 2–5 км. Здесь и в табл. 5 жирным шрифтом выделены значения, достоверные при 95%-м уровне значимости.

Таблица 5

Значения коэффициентов корреляции Спирмена между показателями содержания НУВ, площадью и плотностью нефтезагрязненных земель

Показатель	$S_{<1}$	S_{1-2}	S_{2-5}	$S_{<1}/L$	S_{1-2}/L	S_{2-5}/L
Q1	0,32	0,20	–0,14	0,30	0,17	–0,14
Q3	0,37	0,49	0,35	0,52	0,58	0,38
Me	0,27	0,41	0,16	0,31	0,43	0,22
M	0,39	0,47	0,37	0,47	0,52	0,42
Доля проб с превышением ПДК, %	0,27	0,45	0,31	0,37	0,51	0,37

2 км от проток, весьма показательно, учитывая, что именно здесь наблюдается их наибольшая плотность: общая площадь загрязненных мазутом земель в зонах с удалением от проток 2–5 км в среднем составляет около 0,5 %, в то время как в зонах с удалением <1 км нефтезагрязненные земли занимают немногим более 0,1 % (см. рис. 2). Таким образом, можно отметить ослабление влияния источников загрязнения, расположенных от русла далее чем на 2 км, на содержание НУВ в поверхностных водах.

ВЫВОДЫ

Обобщение данных мониторинга на нефтяных месторождениях ХМАО–Югры показало, что содержание НУВ в водах Оби и проток в большинстве случаев не превышает величину ПДК_{вр}. Доля проб с превышением ПДК_{вр} составила 32 % для проток и 28 % для главного русла реки. К устойчиво загрязненным нефтепродуктами относится 21 % обследованных водных объектов, 18 % — к категории характерной загрязненности. В восточной части округа (выше Сургута) нефтяное загрязнение проток Оби выражено сильнее, чем в главном русле. Малые протоки, вследствие небольшого объема стока, имеют ослабленный самоочистительный потенциал, при аварийных ситуациях в пределах поймы и надпойменных террас загрязнение их вод более сильное, чем в главном русле. В процентном соотношении доля проб, в которых выявлены экстремально высокий и высокий уровни загрязнения НУВ, в протоках примерно втрое выше, чем в главном русле (0,3 и 0,1 % соответственно). Учитывая, что малые протоки и соры являются участками, крайне ценными для воспроизводства гидробионтов, экологический риск от нефтезагрязнения в них крайне велик.

Наблюдается статистически достоверная зависимость содержания НУВ от количества кустов скважин и площади нефтяных разливов, расположенных не далее 2 км от русел. Таким образом, размещение объектов инфраструктуры нефтедобычи в этой зоне сопряжено с высоким экологическим риском, что необходимо учитывать при планировании освоения месторождений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савичев О. Г. Гидрохимический сток в бассейне Средней Оби // Изв. Том. политехн. ун-та. — 2007. — Т. 310, № 1. — С. 29–34.
2. Соромотин А. В. Экологические последствия различных этапов освоения нефтегазовых месторождений в таежной зоне Тюменской области // Сиб. экол. журн. — 2011. — № 6. — С. 813–822.
3. Михайлова Л. В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и рыбное хозяйство Обского бассейна (обзор) // Гидробиол. журн. — 1991. — Т. 27, № 5. — С. 80–90.
4. Уварова В. И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. — Тюмень: Изд-во Ин-та проблем освоения Севера СО РАН, 2000. — С. 18–26.
5. Московченко Д. В. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи // География и природ. ресурсы. — 2003. — № 1. — С. 35–41.
6. Бабушкин А. Г., Московченко Д. В., Пикунов А. В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. — Новосибирск: Наука, 2007. — 152 с.
7. Московченко Д. В., Бабушкин А. Г., Артамонова Г. А. Особенности формирования гидрохимических аномалий в районах нефтедобычи на севере Западной Сибири // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. — 2008. — № 5. — С. 411–419.
8. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / Отв. ред. Ю. И. Винокуров, А. В. Пузанов, Д. М. Безматерных. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. — 236 с.
9. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15: Алтай и Западная Сибирь; вып. 2: Средняя Обь / Ред. Н. А. Панина. — Л.: Гидрометеоздат, 1972. — 403 с.
10. Фашевский Б. В., Соболев Ю. А., Кабыш С. В. Экологическая характеристика пойменных водоемов Нижней Оби // География и природ. ресурсы. — 1988. — № 3. — С. 59–63.
11. Положение об организации локального экологического мониторинга в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Приложение 2 к постановлению Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры от 23 декабря 2011 г. № 485-п [Электронный ресурс]. — <http://www.ecougra.ru/data/files/1488.doc> (дата обращения 18.10.2015).
12. Методические рекомендации по применению требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению системы экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа. — Ханты-Мансийск: ГП «Полиграфист», 2004. — 92 с.
13. Методические рекомендации 18.1.04-2005. Система контроля качества результатов анализа проб объектов окружающей среды. — СПб., 2005 [Электронный ресурс]. — http://www.opengost.ru/download/3871/MR_18_1_04-2005.html (дата обращения 15.10.2015).
14. Калинин В. М. Формирование техногенного фона нефтяных углеводородов природных вод нефтегазовых месторождений // Вестн. Тюмен. ун-та. — 2010. — № 7. — С. 137–146.

15. **Хорошавин В. Ю.** Прогноз формирования качества речных вод под влиянием рассредоточенных источников нефтепродуктов // Вестн. Тюмен. ун-та. — 2010. — № 7. — С. 153–161.
16. **Паничева Л. П., Моисеенко Т. И., Кремлева Т. А., Волкова С. С.** Биохимическая трансформация нефтяных углеводородов в водах Западной Сибири // Вестн. Тюмен. ун-та. — 2012. — № 12. — С. 38–48.
17. **Пузаченко Ю. Г.** Математические методы в географических и экологических исследованиях. — М.: Академия, 2004. — 416 с.
18. **Никаноров А. М., Брызгалов В. А., Решетняк О. С., Кондакова М. Ю.** Транспорт загрязняющих веществ по крупным рекам Европейского Севера и Сибири // Водные ресурсы. — 2015. — Т. 42, № 3. — С. 279–287.
19. **РД 52.24.643-2002.** Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. — Л.: Гидрометеоиздат, 2002. — 55 с.

Поступила в редакцию 15 декабря 2015 г.