

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ГЕОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 556.531

© Д.В. МОСКОВЧЕНКО¹, А.А. УБАЙДУЛАЕВ²

¹Институт проблем освоения Севера СО РАН (Тюмень)

²Департамент экологии Ханты-Мансийского автономного округа — Югры
land@ipdn.ru, ubaidulaev@admhmao.ru

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИВОВ НЕФТИ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА — ЮГРЫ

IMPACT OF OIL SPILLS ON THE SURFACE WATERS POLLUTION IN KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA — YUGRA

АННОТАЦИЯ. В статье приводятся обобщенные результаты анализа нефтяного загрязнения поверхностных вод на месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, выполненного на основании данных, поступающих в единую систему сбора информации регионального гидрохимического мониторинга. Проведена оценка влияния аварийных разливов и объектов инфраструктуры на состояние поверхностных вод. Отмечено, что наибольшее количество аварий наблюдалось на территории Саянлорского, Мамонтовского, Вахского и Усть-Балыкского лицензионных участков. Анализ зависимостей между показателями загрязнения и аварийности на объектах нефтедобычи выполнен с применением методов корреляционного и параметрического многомерного регрессионного анализа. Выявлено, что объекты нефтедобывающего комплекса обуславливают поступление в поверхностные воды примерно половины нефтяных углеводородов (НУВ). Остальная доля поступает от природных источников, формирующих углеводородный «фон», который зависит от ландшафтных и геологических факторов. Параметрами, определяющим содержание НУВ в поверхностных водах, является общая площадь нефтезагрязненных участков и объем загрязнителей.

SUMMARY. The article summarizes the results of surface waters pollution in the fields of Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra made on the basis of regional hydrochemical monitoring. The authors carried out an assessment of accidental spills and pollution from the infrastructure, their impact on the ecological status of surface waters. It is noted that the greatest number of accidents is observed on the territories of Saimlor, Mamontovskoye, Vakhskoye and Ust-Balykskoye license blocks. Impact analysis of the pollution indicators and accidents at oil production facilities is carried out using parametric methods of correlation and multivariate regression analysis. It is revealed that the oil-producing complex objects deliver about half of petroleum hydrocarbons to surface waters. The remaining fraction comes from natural sources

forming hydrocarbon 'background', which depends on the landscape and geological factors. The total area of oil-contaminated sites and the amount of pollutants are the parameters determining the content of petroleum hydrocarbons in surface waters.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Нефтедобыча, поверхностные воды, гидрохимия, Западная Сибирь.

KEY WORDS. Oil development, surface waters, hydrochemistry, Western Siberia.

Введение. Загрязнение окружающей среды нефтью является одной из важнейших экологических проблем Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, одного из мировых лидеров по добыче углеводородного сырья. Особенно опасно нефтяное загрязнение для водных экосистем. Назревает проблема качественного истощения водных ресурсов Западной Сибири как результат антропогенных нагрузок локального и глобального масштабов [1]. Поэтому оценка качества поверхностных вод, выявление источников загрязнения, его масштабов и динамики являются основой для принятия важнейших управленческих решений в области природопользования.

Одной из главных причин ухудшения качества поверхностных вод является аварийность на объектах добычи и транспортировки нефти. Ежегодно нефтедобывающими предприятиями округа регистрируется от 3 до 5 тысяч аварий, образуется 200-300 га учтенных нефтезагрязненных земель. Помимо аварий, утечка нефтяных компонентов происходит за счет миграции и рассеяния при обычной эксплуатации нефтепромысловых объектов [2]. Источником загрязнения, не связанным с нефтедобычей, является водный транспорт и коммунально-бытовая деятельность населения. Техногенные потоки нефтяных углеводородов (НУВ) накладываются на природный геохимический фон. В поступлении загрязнителей в водоемы существенную роль играют естественные процессы, обеспечивающие появление аллохтонного органического вещества (в том числе углеводородов), поступающего с атмосферными осадками, с поверхностным стоком в результате дренирования торфов и почв [3]. Утверждалось, что антропогенный источник так называемых «нефтяных компонентов» (соединений, входящих в состав нефти) — не главный, и распределение загрязнения происходит на устойчивом природном фоне [4]. Нужно отметить, что традиционные методы химических анализов не позволяют отделить углеводородный «фон» от техногенной составляющей. Существующие системы и методы идентификации источников загрязнения пресноводных водоемов при массовых разливах и авариях так же, как и методология оценки и последствий нефтяного загрязнения требуют совершенствования [5].

Многообразие источников нефтяного загрязнения делает актуальной задачу оценки влияния каждого из них на химический сток. Особенно важно оценить, каким образом качество водных ресурсов зависит от аварий на нефтепромыслах. В этом отношении одним из возможных методов является математический анализ показателей состава природных вод на месторождениях, различающихся по интенсивности техногенной нагрузки и аварийности.

Целью представленной работы является оценка (качественная и количественная) влияния техногенных факторов, в первую очередь аварийности, на нефтяное загрязнение поверхностных вод в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре.

Материалы и методы исследования. В качестве исходных данных использованы материалы эколого-геохимического мониторинга поверхностных вод на распределенном фонде недр и сведения об уровне техногенной нагрузки за один календарный год (январь — декабрь 2012 г.). За этот период была получена информация о содержании НУВ более чем в пятистах водных объектах 295 лицензионных участков, всего было сделано более 9 тыс. замеров. Около половины работ было проведено крупнейшими компаниями — ООО «ЛУКойл-Западная Сибирь», ОАО «Сургутнефтегаз», ООО «РН-Юганскнефтегаз», ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз». В процессе отбора проб, проведения анализов и формирования информационного массива задействовано более 15 научно-исследовательских организации и около 25 лабораторных центров по всему округу. Контроль лабораторий с целью установления достоверности предоставляемых данных выполнялся Сургутским, Нижневартовским и Ханты-Мансийским отделами ФГУ ЦЛАТИ. Подавляющее число измерений было выполнено с использованием методики инфракрасной спектроскопии по ПНД Ф 14.1:2.4.168-2000.

В качестве объектов анализа избраны лицензионные участки (ЛУ) распределенного фонда недр. Для оценки интенсивности нефтяного загрязнения использованы такие показатели, как среднее содержание нефтепродуктов в водных объектах на территории ЛУ, медиана и частота обнаружения случаев превышения ПДК (в % от общего числа наблюдений).

Данные об аварийности включали в себя следующие показатели: количество аварий, в том числе по типам промышленных объектов (нефтепроводы, газопроводы, водоводы); объем загрязняющих веществ, попавших при авариях в окружающую среду (нефть, подтоварные и пластовые воды); общая площадь земель, загрязненных при авариях в текущем году и за все время эксплуатации месторождения. Техногенная нагрузка, определяющая вероятность неучтенных поступлений НУВ, характеризовалась такими показателями, как количество скважин (эксплуатационных, разведочных и законсервированных) на территории ЛУ, количество кустовых площадок, шламовых амбаров, протяженность трубопроводов, в том числе магистральных, внутри- и межпромысловых, объем отходов бурения.

Чтобы оценить влияние фактора аварийности на поступление НУВ в поверхностные воды, из общего массива данных были выбраны лицензионные участки, в пределах которых в анализируемый период происходили аварии. Оценка влияния разливов нефти на состояние поверхностных вод проводилась с использованием методов корреляционного и параметрического многомерного регрессионного анализа. Полученные данные обрабатывались с помощью программы «STATISTICA 6.0».

Результаты и их обсуждение. В 2012 г. было зарегистрировано 2883 аварии на 64 лицензионных участках ХМАО — Югры, в результате которых в окружающую среду поступило 264,6 т нефти и 4143 т пластовых вод. Общая площадь загрязненных земель превысила 1600 га. Как правило, наблюдались аварии с незначительными по объему разливами нефти. Большинство лицензионных участков характеризуются годовым количеством загрязнителей (нефти и нефтепродуктов) менее 5 т, при этом число аварий в пределах ЛУ редко превышает 50 (рис. 1). Максимальное число аварий наблюдалось на лицензионных

участках Мамонтовский, Вахский, Усть-Балыкский, Саяногорский. Сопоставление с предшествующими годами наблюдений свидетельствует, что 2012 г. отличался средней аварийностью. Так, в предшествующий 2011 г. в пределах округа зарегистрировано 3 624 аварийных разлива, в результате которых в окружающую среду попало 5 288,8 т загрязняющих веществ, в том числе 264,7 т нефти, 5 022 т подтоварной воды. Это делает избранные материалы репрезентативными для анализа причин нефтезагрязнения.

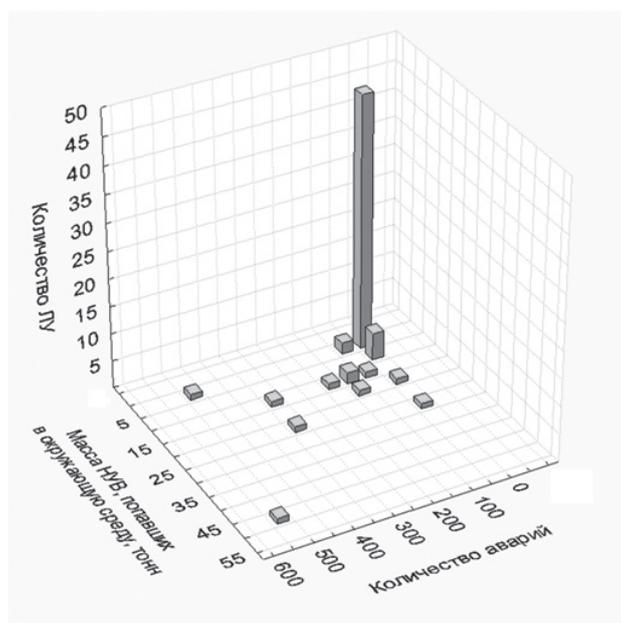


Рис. 1. Гистограмма количества аварий и общей массы НУВ, попавших в окружающую среду на территории ХМАО — Югры в 2012 г.

Содержание НУВ в поверхностных водах ХМАО в 2012 г. изменялось от аналитического нуля до нескольких граммов в кубическом дециметре (в среднем — 0,035 мг/дм³). Эта величина значительно ниже показателей 10-20-летней давности, когда содержание НУВ составляло в среднем 0,1-0,15 мг/дм³ (или 2-3 ПДК) [6]; [7]; [8]; [9]. Данные мониторинговых наблюдений последних лет свидетельствуют, что концентрация нефтепродуктов в поверхностных водах существенно снизилась по отношению к уровню конца XX в. В 2006 г. зафиксирована средняя концентрация на уровне ПДК (0,05 мг/дм³), в 2011 г. среднее значение составило 0,03 мг/дм³ [10]. Снижение уровня загрязнения связано с принятием комплекса мер, направленных на обеспечение экологической безопасности и ликвидации накопленного экологического ущерба на территории округа (утверждение требований, регулирующих разработку и реализацию природоохранных программ недропользователей, экологическая паспортизация территории ХМАО — Югры, рекультивация нефтезагрязненных земель, организация локального мониторинга в границах лицензионных участков недр и др.).

Уровень нефтяного загрязнения гидросферы оценивался по трем статистическим характеристикам — среднему арифметическому, медиане и доле проб

с превышением ПДК. Обобщенные показатели содержания НУВ в поверхностных водах лицензионных участков с максимальным уровнем загрязнения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Содержание НУВ в поверхностных водах лицензионных участков нефтедобычи на территории ХМАО — Югры

Лицензионный участок	Количество обследованных проб	среднее арифметическое	медиана	Доля проб с превышением ПДК, %
Самотлорский	220	0,155	0,05	40,5
Правдинский	74	0,084	0,069	64,9
Камынский	16	0,071	0,042	25
Угутский	50	0,066	0,044	36
Вахский	123	0,064	0,041	39,8
Южно-Сургутский	60	0,058	0,045	36,7
Южно-Балыкский	22	0,058	0,048	45,5
Приразломный	65	0,054	0,032	12,3
Каменный	68	0,052	0,02	11,8
Средне-Угутский	35	0,052	0,048	48,6
Восточно-Сургутский	40	0,050	0,042	12,5
Западно-Угутский	10	0,048	0,043	40
Южно-Ягунский	30	0,047	0,05	0
Петелинский	33	0,045	0,034	12,1
Дружный	12	0,043	0,045	0
Салымский	61	0,043	0,038	26,2
Северо-Ватъеганский	10	0,042	0,047	20
Приобский	176	0,038	0,034	25
Ватлорский	43	0,038	0,031	16,3
Омбинский	19	0,037	0,033	15,8
Средне-Балыкский	17	0,036	0,023	29,4

Зачастую наблюдается несоответствие между ранговыми значениями показателей нефтезагрязнения. Так, максимальное значение среднего арифметического отмечено на Самотлорском ЛУ, в то время как по величине медианы он уступает Правдинскому, а по процентному соотношению проб с превышением ПДК находится на четвертом месте. Это происходит из-за присутствия в выборке аномальных значений с превышением ПДК в десятки раз, что свидетельствует о поступлении загрязнителей из точечных источников, расположенных в непосредственной близости от водотока. Случаи, когда нефть изливается непосредственно в водные объекты, наблюдаются редко. Согласно отчетным материалам об авариях, в рассматриваемом году прямое поступление нефти в реки и озера наблюдалось на территории только 4 лицензионных участков. Масса нефти, поступившей в водные объекты, составила менее 0,1% от суммарной массы всех загрязнителей. Это соответствует мнению о преобладании диффузных источников нефтяного загрязнения (локальных разливов) над точечными [11]; [12]; [13]; [14].

Для анализа зависимости между показателями нефтяного загрязнения и факторами техногенеза был проведен корреляционный анализ. Расчет коэффициентов корреляции Пирсона показал наличие достоверных зависимостей между средним содержанием НУВ в поверхностных водах и такими показателями, как количество в пределах лицензионного участка эксплуатационных скважин ($r=0,63$), кустовых площадок ($r=0,65$), шламовых амбаров ($r=0,71$), общая площадь загрязненных земель ($r=0,70$). Менее сильно выражена зависимость с протяженностью трубопроводов ($r=0,54$) и количеством аварий на нефтепроводах ($r=0,48$). Встречаемость проб с превышением ПДК зависит от таких показателей, как число аварий на нефтепроводах ($r=0,36$), общая площадь загрязненных земель ($r=0,33$). Наблюдается также слабая зависимость с количеством шламовых амбаров ($r=0,30$). Медиана не показала достоверной зависимости от показателей техногенеза. Таким образом, среднее содержание НУВ является наилучшим индикатором техногенного влияния объектов нефтедобычи. Однако наличие корреляции между средним содержанием НУВ в поверхностных водах и показателями техногенеза еще не является свидетельством наличия физических процессов переноса загрязнителей. Более того, анализ распределений величин говорит скорее о неправомочности подобного упрощенного подхода. Так, графическое выражение зависимости между количеством аварий на нефтепроводах и средним содержанием НУВ в поверхностных водах различных лицензионных участков свидетельствует о наличии аномальных, резко отличающихся значений (в рассматриваемом примере это Самотлорский, Мамонтовский, Вахский и Усть-Балыкский ЛУ) (рис. 2). Очевидно, что при расчете ковариаций и дисперсий экстремальные значения входят в оценки с большим весом, пропорциональным их отклонениям от среднего. В результате корреляция, рассчитанная на их основе, становится существенно завышенной.

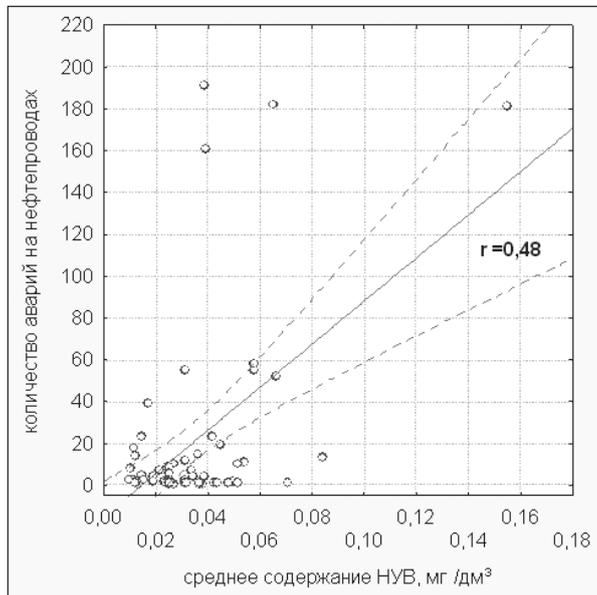


Рис. 2. Зависимость содержания НУВ от числа аварий в пределах лицензионного участка

Использование коэффициента корреляции Пирсона адекватно отражает реальность только в том случае, если распределения близки к нормальным, а отношения линейны [15]. Использование коэффициента ранговой корреляции Спирмена, применимого для любых типов распределений, продемонстрировало иную картину зависимостей: существует слабая корреляционная зависимость между средним содержанием НУВ и площадью загрязненных земель ($R=0,30$), числом шламовых амбаров ($R=0,28$) и протяженностью нефтепроводов ($R=0,34$). Для остальных показателей, в том числе и для количества аварий, зависимости не выявлено.

Для анализа зависимостей необходима предварительная оценка распределения величин. Проверка законов распределения показателей нефтезагрязнения и аварийности с использованием критерия хи-квадрат показала, что распределение всех переменных не является нормальным и чаще всего близко к логнормальному закону. Так, логнормальное распределение свойственно среднему арифметическому содержанию НУВ в поверхностных водах (рис. 3). Поэтому для выполнения математического анализа зависимостей показателей нефтезагрязнения от техногенных факторов необходимо предварительное приведение данных к нормальному распределению. Использовать логарифмирование для этой цели не представлялось возможным из-за присутствия нулевых значений для многих переменных (например, доля проб с превышением ПДК, объем разлитых пластовых вод или количество амбаров-накопителей). Поэтому было применено преобразование Барлетта (извлечение квадратного корня при количестве измерений больше десяти).

Дальнейшая обработка данных проводилась с использованием метода параметрического многомерного регрессионного анализа. Сущность регрессионного анализа составляет описание корреляционных связей, которые характеризуют изменение функции в зависимости от одного или нескольких аргументов [16].

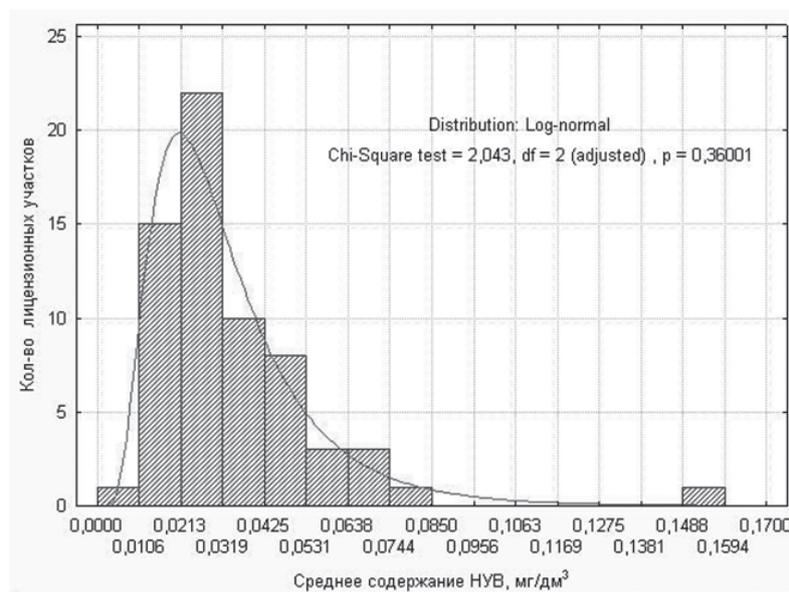


Рис. 3. Гистограмма среднего содержания НУВ в поверхностных водах

В общем случае можно полагать, что содержание НУВ в поверхностных водах есть функция поступления их от разливов, учтенных и отраженных в статистических данных, и неучтенных поступлений (из шламовых амбаров, утечек из устья скважин, незафиксированных разливов прошлых лет). Объем неучтенных поступлений зависит от интенсивности техногенной нагрузки и факторов экологического риска (количества скважин, шламовых амбаров, протяженности трубопроводов и т.д.). Кроме этого, существует природный углеводородный «фон», на который накладываются техногенные миграционные потоки. В качестве условного допущения примем, что все техногенные объекты и участки аварийных разливов каждого лицензионного участка принадлежат к единому водосборному бассейну, охватываемому пунктами мониторинговых наблюдений.

Исходными данными для построения модели были: в качестве зависимой переменной — среднее содержание НУВ (мг/дм^3), в качестве независимых — показатели аварийности и техногенной нагрузки (количество аварий, в том числе на нефтепроводах; объемы разлитой нефти и подтоварных вод; общая площадь загрязненных земель за все время эксплуатации промысла и площадь разливов текущего года; количество разведочных и эксплуатационных скважин, шламовых амбаров; протяженность нефтепроводов).

Регрессионный анализ проводился в несколько этапов. На первом этапе в регрессионную модель были включены только факторы аварийности (число аварий, объем загрязнителей и площадь загрязненных земель). На втором этапе рассматривались только факторы влияния общего количества объектов инфраструктуры, определяющие уровень техногенной нагрузки и экологического риска (количество скважин разного назначения, кустов скважин, шламовых амбаров, протяженность трубопроводов). На третьем этапе рассматривалось совокупное влияние всех факторов. Далее процедура повторялась, только в качестве зависимой переменной использовался другой показатель нефтезагрязнения (медиана содержания НУВ и доля проб с превышением ПДК).

Проведенные подсчеты показали, что наилучший результат дала модель, отражающая зависимость среднего содержания нефтепродуктов от совокупного комплекса факторов (как аварийности, так и техногенной нагрузки), для которой коэффициент детерминации $R^2 = 0.58$, скорректированный коэффициент детерминации $R^2 = 0.46$ (табл. 2). Это означает, что около половины поступающих в природные воды НУВ описываются моделью. Остальная доля НУВ поступает от не учтенных в модели факторов, которые можно обозначить как природный углеводородный фон, который зависит от ландшафтных и геологических условий. Наличие такой зависимости подтверждает, во-первых, факт интенсивного негативного воздействия нефтедобычи на качество вод и, во-вторых, необходимость учета природных факторов формирования углеводородного фона. Показатели аварийности и техногенной нагрузки, по отдельности, описывают поступление НУВ с меньшей достоверностью, причем коэффициент детерминации R^2 для комплекса факторов аварийности выше, чем для комплекса показателей техногенной нагрузки. Это позволяет сделать вывод, что аварии определяют большее поступление НУВ, чем неучтенные разливы.

Таблица 2

**Показатели регрессионной модели содержания НУВ
в поверхностных водах на участках нефтедобычи**

Зависимая переменная	Группа независимых переменных	Коэффициент детерминации R^2	Исправленный коэффициент детерминации R_n^2	Статистически значимые факторы
Среднее арифметическое содержание НУВ	Показатели аварийности	0,45	0,39	Объем разлитой при авариях нефти, общая площадь загрязненных земель за все время эксплуатации промысла
	Показатели техногенной нагрузки	0,39	0,31	Количество эксплуатационных и разведочных скважин
	Все факторы	0,59	0,46	Объем разлитой при авариях нефти, общая площадь загрязненных земель за все время эксплуатации промысла, количество кустов скважин

Вместе с тем количество аварий и площадь разливов только одного года не играют существенной роли, их вклад в модель линейной регрессии статистически незначим. Это говорит о буферности почв, в первую очередь торфяных, которые препятствуют быстрому распространению загрязнителей [17]. Влияние нефтяных разливов растянуто во времени и проявляется в последующие годы.

Объем загрязняющих веществ, поступивших в окружающую среду вследствие аварий отчетного года, больше влияет на показатели нефтяного загрязнения гидросферы, чем количество аварий, поскольку при крупных разливах неизбежно масштабное распространение загрязняющих веществ, в том числе и в водные объекты. Такой показатель, как медиана, мало зависит от техногенных факторов, особенно если брать в рассмотрение только показатели аварийности. Коэффициент детерминации R^2 в этом случае составляет всего 0,2. Таким образом, медиана отражает особенности формирования природного углеводородного «фона». Доля проб поверхностных вод с превышением ПДК в наибольшей степени зависит от общей площади загрязненных земель, которая сформировалась за все время эксплуатации месторождения, и количества разведочных скважин, что косвенно говорит о высоком экологическом риске разведочного бурения. Отмечалось, что 39% разведочных площадок на месторождениях загрязнены НУВ непосредственно в приустьевой зоне, на каждой второй площадке отмечено загрязнение почвы горюче-смазочными материалами, вследствие длительного простоя происходит разрушение скважин [18].

Выводы. Содержание нефтяных углеводородов в поверхностных водах на лицензионных участках распределенного фонда недр ХМАО — Югры, как

правило, не превышает величину ПДК и в среднем составляет 0,035 мг/дм³. Это значительно ниже, чем 10-20 лет назад, что свидетельствует об эффективности проводимой в округе природоохранной политики. Регрессионный анализ показал наличие статистически достоверной зависимости между средним содержанием НУВ в поверхностных водах и площадью земель, загрязненных за все время эксплуатации промысла, а также — с объемом нефти, поступившей при авариях в окружающую среду в течение отчетного года. Это подтверждает правомерность использования такого показателя, как площадь замазученности, для подсчета модуля смыва нефти [18].

Примерно половина нефтяных углеводородов на месторождениях ХМАО — Югры поступает в природные воды из техногенных источников, остальная доля имеет природное происхождение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моисеенко Т., Шалабодов А., Гашев С. Качество сибирских вод // Наука в России. 2012. № 4. С. 13-19.
2. Паничева Л.П., Моисеенко Т.И., Кремлева Т.А., Волкова С.С. Биохимическая трансформация нефтяных углеводородов в водах Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. 2012. № 12. Серия «Экология». С. 38-48.
3. Кульков М.Г., Артамонов В.Ю., Коржов Ю.В., Углев В.В. Индивидуальные органические соединения нефти как индикаторы техногенного нефтяного загрязнения водной среды // Известия Томского политехнического университета. 2010. Т. 317. № 1. С. 196-200.
4. Кузнецов А.Н., Федоров Ю.А. Нефтяные компоненты в устьевой области р. Дон и в Азовском море (результаты многолетних исследований) // Водные ресурсы. 2014. Т. 41. № 1. С. 49-59.
5. Никаноров А.М., Страдомская А.Г. Идентификация источников нефтяного загрязнения водных объектов // Водные ресурсы. 2009. Т. 36. № 2. С. 175-181.
6. Дорожукова С.Л. Эколого-геохимические особенности нефтегазодобывающих районов Тюменской области. Автореф. дисс. ... к. геол.-мин. н. Москва, 2004. 25 с.
7. Михайлова Л.В. Современный гидрохимический режим и влияние загрязнений на водную экосистему и рыбное хозяйство Обского бассейна (обзор) // Гидробиологический журнал. Т. 27. № 5. 1991. С. 80-90.
8. Московченко Д.В. Экологическое состояние рек Обского бассейна в районах нефтедобычи // География и природные ресурсы. 2003. № 1. С. 35-41.
9. Уварова В.И. Современное состояние качества воды р. Оби в пределах Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2000. Вып. 1. С. 18-26.
10. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Экогеохимия гидросферы на участках нефтедобычи Западной Сибири. LAP Lambert Academic Publishing. 2012. 116 с.
11. Калинин В.М. Поступление нефтепродуктов в речную сеть от рассредоточенных источников (по материалам Среднего Приобья) // Вестник Тюменского государственного университета. 2001. № 2. С. 11-21.
12. Калинин В.М. Формирование техногенного фона нефтяных углеводородов природных вод нефтегазовых месторождений // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 137-146; Моисеенко Т.И., Соромотин А.В., Шалабодов А.Д. Качество вод и методология нормирования загрязнения // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 5-19.
13. Хорошавин В.Ю. Загрязнение нефтепродуктами малых рек бассейна Пура рассредоточенными источниками // Геоэкологические проблемы Тюменского региона. Вып. 1. Тюмень: Вектор Бук, 2004. С. 105-130.
14. Хорошавин В.Ю. Прогноз формирования качества речных вод под влиянием рассредоточенных источников нефтепродуктов // Вестник Тюменского государственного университета. 2014. № 4. С. 105-130.

ного университета. 2010. № 7. С. 153-161; Моисеенко Т.И., Соромотин А.В., Шалабодов А.Д. Качество вод и методология нормирования загрязнения // Вестник Тюменского государственного университета. 2010. № 7. С. 5-19.

15. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в географических и экологических исследованиях. М.: Академия, 2004. 416 с.

16. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа, 1990. 352 с.

17. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 376 с.

18. Соромотин А.В. Техногенная трансформация природных экосистем таежной зоны в процессе нефтегазодобычи (на примере Тюменской области) // Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Тюмень, 2007. 47 с.

REFERENCES

1. Moiseenko, T., Shalabodov, A., Gashev, S. The quality of Siberian waters. *Nauka v Rossii — Science in Russia*. 2012. № 4. Pp. 13-19. (in Russian).

2. Panicheva, L.P., Moiseenko, T.I., Kremleva, T.A., Volkova, S.S. Biochemical transformation of petroleum hydrocarbons in the waters of Western Siberia. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2012. № 12. Series "Ecology". Pp. 38-48. (in Russian).

3. Kul'kov, M.G., Artamonov, V.Iu., Korzhov, Iu.V., Uglev, V.V. Individual organic compounds as the indicators of technological oil water pollution. *Izvestiia Tomskogo politekhnicheskogo universiteta — Proceedings of Tomsk Polytechnic University*. 2010. V. 317. № 1. Pp. 196-200. (in Russian).

4. Kuznetsov, A.N., Fedorov, Iu.A. Oil components in Don River mouth area and the Sea of Azov (term studies). *Vodnye resursy — Water Resources*. 2014. V. 41. № 1. Pp. 49-59. (in Russian).

5. Nikanorov, A.M., Stradomskaia, A.G. Identification of sources of oil pollution of water bodies. *Vodnye resursy — Water Resources*. 2009. V. 36. № 2. Pp. 175-181. (in Russian).

6. Dorozhukova, S.L. *Ekologo-geokhimicheskie osobennosti neftegazodobyvayushchikh raionov Tiimenskoi oblasti* (Avtoref. diss. kand.) [Ecological and geochemical features of oil and gas producing areas of Tyumen Region (Cand. Diss. thesis). Moscow, 2004. 25 p. (in Russian).

7. Mikhailova, L.V. Modern hydrochemical regime and the impact of pollution on the aquatic ecosystem and fisheries of the Ob basin (review). *Gidrobiologicheskii zhurnal — Journal of Hydrobiology*. 1991. V. 27. № 5. Pp. 80-90. (in Russian).

8. Moskovchenko, D.V. Ecology of the rivers in the Ob basin in oil-producing regions. *Geografiia i prirodnye resursy — Geography and Natural Resources*. 2003. № 1. Pp. 35-41. (in Russian).

9. Uvarova, V.I. Current state of water quality in the Ob within Tyumen Region. *Vestnik ekologi, lesovedeniia i landshaftovedeniia — Bulletin of Ecology, Forestry, and Landscape Science*. 2000. № 1. Pp. 18-26. (in Russian).

10. Moskovchenko, D.V., Babushkin, A.G. *Ekogeokhimiia gidrosfery na uchastkakh neftedobychi Zapadnoi Sibiri* [Hydrosphere ecogeochemistry of oil production fields of Western Siberia]. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. 116 p. (in Russian).

11. Kalinin, V.M. Petroleum products from diffuse sources in the river network (case study of the Middle Ob). *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2001. № 2. Pp. 11-21. (in Russian).

12. Kalinin, V.M. Formation of technological background of petroleum hydrocarbons in natural waters of oil and gas fields (in Russian). *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010. № 7. Pp. 137-146; Moiseenko, T.I., Soromotin, A.V., Shalabodov, A.D. Water quality and methodology of pollution normalization.

Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald. 2010. № 7. Pp. 5-19. (in Russian).

13. Khoroshavin, V.Iu. Oil pollution of small rivers of the Pura basin with diffuse sources // *Geoekologicheskie problemy Tiimenskogo regiona. Vyp. 1* [Geoenvironmental problems of Tyumen Region. Vol. 1]. Tyumen, 2004. Pp. 105-130. (in Russian).

14. Khoroshavin, V.Iu. Forecast of river water quality formation under the influence of non-point sources of petroleum products. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010 № 7. Pp. 153-161; Moiseenko, T.I., Soromotin, A.V., Shalabodov, A.D. Nater quality and methodology of pollution normalization. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta — Tyumen State University Herald*. 2010. № 7. Pp. 5-19. (in Russian).

15. Puzachenko, Iu.G. *Matematicheskie metody v geograficheskikh i ekologicheskikh issledovaniiaxh* [Mathematical methods in geographic and environmental studies]. Moscow, 2004. 416 p. (in Russian).

16. Lakin, G.F. *Biometriia* [Biometrics]. Moscow, 1990. 352 p. (in Russian).

17. Solntseva, N.P. *Dobycha nefti i geokhimiia prirodnykh landshaftov* [Oil production and geochemistry of natural landscapes] Moscow, 1998. 376 p. (in Russian).

18. Soromotin, A.V. *Tekhnogennaia transformatsiia prirodnykh ekosistem taezhnoi zony v protsesse neftegazodobychi (na primere Tiimenskoi oblasti)* (Avtoref. diss. dokt.) [Anthropogenic transformation of natural ecosystems in the taiga zone while oil and gas production (case study of Tyumen Region) (Doct. Diss. thesis). Tyumen, 2007. (in Russian).

Авторы публикации

Московченко Дмитрий Валерьевич — главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН (Тюмень), доктор географических наук

Убайдулаев Адварт Акбаралиевич — главный специалист-эксперт Департамента экологии Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (Ханты-Мансийск)

Authors of the publication

Dmitry V. Moskovchenko — Dr. Sci. (Geog.), Chief Researcher, Institute of problems development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch), Tyumen

Advart A. Ubaidulaev — Chief Expert, Department of Environment of Khanty-Mansi Autonomous Area — Yugra (Khanty-Mansiysk)