

УДК 502.175:504

УГЛЕВОДОРОДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ГРУНТОВ: ПРАКТИКА НОРМИРОВАНИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ

© 2016 г. А. П. Хаустов*, М. М. Редина*

*ФГАОУ ВО “Российский университет дружбы народов”, экологический факультет,
Подольское ш., 8/5, 115093 Москва, Россия. E-mail: khaustov_ap@pfur.ru

Поступила в редакцию 14.03.2016 г.

Проведен критический анализ подходов к нормированию загрязнения почв и грунтов нефтью и нефтепродуктами (НП). По мнению авторов, необходимо разделять нормативы концентраций нефти и НП, применяемые для данных сред, поскольку протекающие в них процессы распространения загрязнений существенно различаются.

Наиболее значительные проблемы разработки нормативов почв и грунтов связаны с использованием единых нормативов для данных компонентов ландшафтов, регулированием валовых концентраций углеводородов вместо рассмотрения индивидуальных соединений, отсутствием нормативов для особо токсичных компонентов нефти, недостаточной разработкой региональных норм качества почв и грунтов.

Рассмотрены наиболее перспективные отечественные и зарубежные подходы к регулированию нефтяного загрязнения почв и грунтов, учитывающие детальный химический состав нефти и НП (в том числе их особо токсичные компоненты), региональные и локальные особенности загрязняемых сред, возможности миграции соединений нефти и НП в сопредельные среды, их различную опасность для разных реципиентов (человек, окружающая среда).

Приводятся результаты сравнительного анализа подходов к нормированию и величин нормативов, демонстрирующие широкие пределы величин концентраций, признанных приемлемыми в разных странах. Показаны основные перспективы развития системы нормирования в России в соответствии с тенденциями внедрения экосистемного нормирования и возможности использования зарубежного опыта.

Ключевые слова: нормирование, грунты, почвы, геологическая среда, нефть, нефтепродукты.

ВВЕДЕНИЕ

Статья посвящена обзору современной системы нормирования углеводородных (УВ) загрязнений почв и грунтов в России и за рубежом. Авторы считают, что отечественные и зарубежные нормативы во многом несовершенны. Они основаны на научно-методической базе, сложившейся на определенном этапе развития соответствующих исследований, а это предполагает необходимость постоянного их пересмотра и совершенствования вместе с эволюцией представлений о процессах в загрязняемых средах. Однако вне зависимости от “степени современности” норматива, он является практическим руководством к действию: именно с ориентацией на действующие нормативы проектируется, осуществляется и контролируется хозяйственная деятельность. В отношении нормирования УВ-загрязнений принципиально подразделить термины “почвы” и “грунт” в связи

с их различной ролью в процессах трансформации и миграции нефти и нефтепродуктов (НП).

Согласно ГОСТ 25100-2011. Грунты. Классификация (п. 3.8) под термином “грунт” понимаются “любые горные породы, почвы, осадки и техногенные образования, рассматриваемые как многокомпонентные динамичные системы и как часть геологической среды и изучаемые в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека”. В соответствии с этим же ГОСТом, почва — это поверхностный слой дисперсного грунта, состоящий из неорганического и органического веществ и обладающий плодородием (дисперсность здесь означает связанность).

Как видно из определений, существенное свойство почвы, ее качественный признак — плодородие; все остальные признаки почв и грунтов семантически сходны между собой. Плодородие же в естественных условиях определяется наличием органического вещества и тепловлагообе-

спеченности. Это именно те главные движущие факторы, которые определяют скорости трансформации (разложения) нефти и НП, поэтому мощность почвенного покрова и содержание гумуса должны присутствовать в экологических нормативах и моделях миграции НП в геологической среде (ГС).

Очевидно, что при выработке нормативов загрязнения с учетом многокомпонентности почв и грунтов во внимание должны приниматься характеристики загрязнителя — нефти и НП: процессы их трансформации и деградации; характеристики загрязняемой среды (грунтов, подземных вод) и перспективы загрязнения сопредельных сред, а также комплекс последствий для потенциальных объектов этих воздействий. Принципиально важен учет возможности самовосстановления загрязняемых природных комплексов, т.е. ассимиляционного потенциала компонентов ГС, а также хозяйственный и экологический статус территории (вероятность перехода токсичных веществ в сельхозпродукцию, необходимость дальнейшего использования земель по целевому назначению). Действующие отечественные нормативы не в полной мере учитывают перечисленные моменты. Чаще всего разработка и применение нормативов сталкиваются с отсутствием достоверных данных о роли трансформации нефти и НП для почв, грунтов и, соответственно, мигрирующих вод как *единого взаимосвязанного комплекса ГС*. В пользу этих доводов можно привести следующие положения.

Оценка уровня загрязнения производится на основе валовых концентраций нефти и НП, невзирая на сложный компонентный состав их конкретных видов. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования показывают, что скорости деградации различных компонентов нефти могут различаться весьма серьезно. Пример трансформации нефти в лабораторных условиях [1] наглядно демонстрирует значительное изменение ее химического состава (состава УВ-фракций нефтяных аквабитумоидов) при взаимодействии с водой даже без учета таких факторов, как температура, свет, биота и продукты ее жизнедеятельности.

Отсутствие нормативов для особо токсичных компонентов нефти и НП, в частности, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), несмотря на международные обязательства России в этой области. Отметим, что имеются лишь единичные работы, посвященные процессам миграции таких соединений в компонентах ГС. Так, можно привести пример анализа загрязнения грун-

тов ПАУ [2], хорошо доказавшего сорбцию этих веществ на органических составляющих грунтов.

Не принимается во внимание, что даже одна и та же нефтяная скважина в разные “периоды жизни” способна давать нефть различного состава, не говоря уже об *особенностях состава нефтей* разных месторождений и различиях концентраций токсичных компонентов. Вследствие этого опасность нефтяного загрязнения, определяемая миграцией и трансформацией (химической, бактериальной) компонентов нефти, оценивается неполно. Так, не принимаются во внимание высокоминерализованные воды, мигрирующие с флюидами, а также жидкости для поддержания пластовых давлений, которые могут нанести гораздо больший вред биогеоценозам или инженерным сооружениям. Отсюда весьма значительные различия в оценках эколого-экономических ущербов, проведенных на основе валовых и детальных оценок. Таким образом, необходимо принимать во внимание, что нефть по своей природе представляет собой *неравновесную геохимическую систему*, для учета поведения которой необходим анализ целого комплекса физико-химических параметров [6].

Недоучет региональных особенностей почв и земель. До настоящего времени в России используются единые критические уровни содержания нефти в почвах для всей территории страны. В то же время в зависимости от уровней региональной техногенной нагрузки фоновые концентрации НП в почвах регионов России изменяются в широких пределах: от 10 до 500 мг на 1 кг сухого веса почвы или грунта. Исследования в южных районах Тюменской обл. на фоновых территориях показали содержание НП около 65 мг/кг почвы, но в зависимости от типа почв это значение колеблется от 0 в песчаных подзолистых почвах (“боровые пески”) до 800 мг/кг в болотных торфяных почвах [4].

Недоучет возможных направлений использования загрязненного участка после проведения рекультивационных работ. Риски вызваны тем, что процессы трансформации способны за незначительный период времени коренным образом изменить состав загрязнения, а это требует различных подходов к оценкам опасности “старого” и “свежего” загрязнений, особенно при анализе остаточных загрязнений [11].

Действующую систему экологического нормирования составляют преимущественно *гигиенические нормативы*, значения которых ориентированы на сохранение здоровья человека, либо на оценку и поддержание отдельных биологических видов. В качестве альтернативы в последнее время

предложены подходы, основанные на *экосистемном нормировании* с детальным учетом параметров функционирования природных комплексов в целом. При обосновании таких нормативов исходят из того, что каждая экосистема образована из взаимосвязанных элементов со специфическими реакциями на различные виды воздействий. Эти реакции оценивают через ассимиляционный потенциал и структуризацию территории, через оценку частных характеристик (нормативов) элементов ландшафта с последующим свертыванием их в один или несколько обобщающих показателей. Однако каждый природный комплекс уникален; создание экосистемных нормативов требует детального изучения основных параметров их функционирования (в том числе специфики реакции на нефтяное загрязнение). Трудоемкость работ приводит к тому, что экосистемные нормативы до настоящего времени на практике не применяются или применяются крайне ограниченно.

НОРМИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ

Отдельные представления о допустимости присутствия тех или иных количеств нефти в грунтах связаны в основном с перспективами их хозяйственного использования и потенциальной устойчивостью сооружений, возводимых на загрязненных территориях [4, 5, 9 и др.]. Непосредственно для грунтов нормативы ПДК не разработаны (они должны были бы быть санитарно-гигиеническими, но прямой контакт человека с грунтом — редкое явление), поэтому при контроле их состояния в качестве допустимых уровней загрязнения чаще всего принимают ПДК (или аналогичные граничные значения концентраций) нефти и НП в почвах. Однако ассимиляционный потенциал почв несопоставим с ассимиляционным потенциалом грунтов. В итоге используемые критические значения *не в полной мере отвечают* приведенным выше требованиям к нормам качества грунтов.

Современные подходы к нормированию содержания нефти и НП в почвах в странах мира различны, а сами значения нормативов могут отличаться на порядки. Как следствие, оказываются несопоставимыми оценки (критерии) качества почв и грунтов, полученные в разных странах. В России в настоящее время используются несколько схем оценки загрязненности почв (соответственно и ГС по аналогии). Требования к их качеству различны в зависимости от целей, для которых разрабатываются документы.

1. Согласно СП 11-102-97 “Инженерно-экологические изыскания для строительства” при загрязнении почвы одним компонентом *органического происхождения* степень загрязнения определяется исходя из его ПДК и класса опасности (табл. 1). Загрязнение может быть отнесено к уровням от “очень сильного” (концентрация компонента 1-го класса опасности > 5 ПДК) до слабого. При *многокомпонентном загрязнении* допускается оценка степени опасности по компоненту с максимальным содержанием. При этом рекомендуется опробование грунтов на содержание легколетучих токсикантов и других загрязнителей, проникающих в подпочвенные горизонты на глубины до 3–3.5 м (бензол, толуол, ксилол, этилбензол, хлорированные УВ, нефть и НП). Проблема оценки нефтяного загрязнения в том, что единого федерального документа, “узаконивающего” норматив ПДК нефти, для почв не существует, а указания на допустимые уровни загрязнения содержатся в других методических документах. Таким образом, СП 11-102-97 позволяют оценивать состояние грунтов весьма приблизительно. Снова возникает проблема выбора: оценку можно проводить либо по валовым концентрациям НП, либо рассматривая каждый представляющий интерес компонент нефтяного загрязнения.

2. В соответствии с “Порядком определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами” уровень загрязнения определяется

Таблица 1. Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
	1 (допустимый)	2 (низкий)	3 (средний)	4 (высокий)	5 (очень высокий)
Нефть и НП	До 1000	1000–2000	2000–3000	3000–5000	> 5000
Бенз(а)пирен	< ПДК	ПДК – 0.1	0.1–0.25	0.25–0.5	> 0.5
Бензол	< ПДК	ПДК – 1	1–3	3–10	> 10
Толуол	< ПДК	ПДК – 10	10–50	50–100	> 100
Ксилолы (орто-, мета-, пара-)	< ПДК	ПДК – 3	3–30	30–100	> 100

Таблица 2. Показатели степени загрязнения земель нефтью

Зоны	Степень загрязнения	Процент остаточной нефти в гумусовом горизонте почвы в первые недели после загрязнения, %	Степень отмирания растительности в следующем за загрязнением вегетационном периоде
Полярнотундровая, лесотундровая, северотаежная	Умеренная	Менее 0.5–1.0	Неполное
	Сильная	Более 1	Полное
Среднетаежная, южнотаежнолесная	Умеренная	Менее 3	Неполное
	Сильная	Более 3	Полное
Лесостепная, степная, сухостепная	Умеренная	Менее 6	Неполное
	Сильная	Более 6	Полное

на основании комплекса показателей. *Условно чистыми*, согласно документу, считаются земли с содержанием загрязняющих веществ, не превышающим их ПДК.

Приведенные в табл. 1 граничные значения качества почв не дифференцированы по природным зонам и не учитывают *фоновые* содержания тех или иных компонентов. Достоинство данного документа – введение значения допустимого уровня загрязнения нефтью и НП 1000 мг/кг. Однако классификация уровней загрязненности земель не учитывает способности веществ к миграции и трансформации в различных природных условиях. Группировка показателей также не учитывает типовых особенностей почв.

Подчеркнем, что из всего перечня ПАУ нормируется в данном случае лишь бенз(а)пирен, который в редких случаях попадает в зону насыщения, что обусловлено его физико-химическими свойствами (прежде всего слабой растворимостью в воде). Не менее интересный объект с позиций оценки риска проникновения загрязнений с поверхности – лучше растворимые и химически более активные представители группы ПАУ, однако они в отечественных нормативных документах практически не фигурируют.

3. Оценки, согласно *Инструкции по рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварийном и капитальном ремонте магистральных нефтепроводов* (РД 39-00147105-006-97, утвержденные АК “Транснефть” 6.02.1997 г.), учитывают специфику природных зон (табл. 2). Опыт показывает, что их целесообразно применять лишь для *первых недель* формирования загрязнений; что же касается старых загрязнений (так называемых “накопленных ущербов”), оценить качество почв весьма затруднительно.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И КОРПОРАТИВНЫЕ НОРМАТИВЫ УВ-ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

Во внимание принимаются требования российской нормативной базы, зарубежный опыт, скорости самоочищения почв в зависимости от почвенно-климатических условий и специфика воздействия легких и тяжелых НП на почву. Нормативы *допустимого остаточного содержания нефти и НП* (ДОСНП) в почвах используют в первую очередь для оценки эффективности рекультивационных работ. В связи с остротой экологических проблем в регионах добычи и транспорта нефти именно эти нормативы разрабатываются наиболее активно. Величина ДОСНП предполагает, что:

- исключена возможность поступления нефти и продуктов ее трансформации в сопредельные среды и на соседние территории;
- земельные участки могут быть вовлечены в хозяйственный оборот по основному целевому назначению с возможными ограничениями;
- режим консервации вводится до достижения санитарно-гигиенических нормативов содержания нефти и продуктов ее трансформации в процессе самовосстановления.

Республика Коми. В 2013 г. утвержден “Регламент приемки нарушенных и загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель после проведения восстановительных работ”, вводящий нормативы остаточного содержания нефти (табл. 3). Земли дифференцированы по направлениям использования; регламентировано содержание нефти и НП в слое 0–20 см.

Ханты-Мансийский автономный округ. С 2004 г. действует региональный норматив “Допустимое

Таблица 3. Нормативы остаточного содержания нефти в почве после восстановительных работ

Направление использования земель	Содержание нефти и НП в слое 0–20 см	
	Минеральные, органо-минеральные, антропогенные почвы, г/кг абсолютно сухой пробы почвы	Органогенные почвы (торфяно-болотные), г/кг сухого торфа
Земли сельскохозяйственного назначения (пашни), земли лесного фонда и ООПТ (природоохранное назначение, водоохран-ные зоны)	1.0	5.0
Земли лесного фонда (леса), земли сель-скохозяйственного назначения (сенокосы, пастбища)	10.0	30.0
Земли лесного фонда	–	50.0
Земли промышленности	30.0	80.0

Таблица 4. Допустимое содержание нефти и НП*

Гранулометрический состав	Почвы		Почвенные горизонты	Нормативное значение, г/кг
	Типы			
Лесохозяйственное использование				
Песок, супесь	Дерново-подзолистые, подзолы		A ₀ , A ₁	15
			A _c , B _f , B _h , B, C	3
Легкий суглинок	Аллювиальные болотные, илова-то-торфяные		A _d , T	10
			A, G	2
Суглинки, глины	Дерново-подзолистые, подзолистые, болотно-подзолистые, глееземы, та-ежные слабодифференцированные		A ₀ , T, T _A	30
			A, A _{2g} , A _c , B, C	5
–	Торфяные болотные верховые		T _A , T ₁ (Оч)	60 (100)
			T	30
			T	20
	Торфяные болотные переходные, торфяные болотные низинные			
Водохозяйственное использование (включая водоохраные зоны источников питьевого водоснабжения, рыбохозяйственных водных объектов)				
Любой	Все типы почв		A ₀ , T, T _A	5 (или до уровня ре-гионально-фонового содержания)
			A, A _c , B, C	
Сельскохозяйственное использование (пашни, поля, луга, пастбища и подобное)				
Легкие суглинки, супесь	Дерново-подзолистые, подзолы, дерново-луговые аллювиальные, бо-лотные иловато-торфяные		A _d , A ₁ , T, T _A	5
			A, B, G	1
Строительное использование				
Песок и супесь	–		–	5

* Остаточное содержание УВ нефти и НП в количестве 100 г/кг допускается для участков болот с частично сохранившимся живым напочвенным покровом, плотностью торфа не выше 0.07 г/см³ (сфагновый олес, неразложившийся торф; на участках, не подвергавшихся механическому воздействию) и проективным покрытием травяно-кустарничкового яруса не менее 30% от естественного.

Таблица 5. Критерии оценки состояния земель, очищенных от нефти и прошедших весь цикл рекультивационных работ

Критерии приемки	Виды угодий		
	Сельскохозяйственные, включая оленьи пастбища	Лесохозяйственные и водоохранные виды угодий	Промзона
Содержание остаточной нефти в слое 0–20 см, мг/кг	До 500	До 100	До 3000
Максимальное содержание остаточной нефти ниже 20 см по слоям мощностью 30 см до глубины 200 см, мг/кг	До 2000	До 2000	До 3000
Содержание 3,4 бенз(а)пирена в слое 0–20 см, мкг/кг	До 20	До 20	До 250
Сумма токсичных солей в слое 0–50 см, % в водной вытяжке	До 0.2	До 0.2	До 0.4
Содержание неорганических соединений в слое 0–20 см	Не выше первого уровня загрязнения		
Проективное покрытие травянистой растительностью, %	Не менее 70	Не менее 70	Не менее 70
Наличие генеративных побегов и вызревание семян в течение последних 2 лет до приемки земель	+	+	+

остаточное содержание нефти и НП в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа—Югры” (утвержден постановлением Правительства ХМАО—Югры от 10.12.2004 г. № 466-п). Допустимое содержание дифференцировано в зависимости от направления использования земель, типа и свойств почвы (табл. 4). Из всех действующих региональных норм данный документ наиболее обоснован, поскольку учитывает взаимодействие ландшафтных компонентов.

Для Республики Татарстан проблема загрязнения нефтью и НП крайне актуальна в связи с тем, что источники УВ-загрязнений располагаются в регионе многие десятилетия, поэтому масштабы загрязнений особенно ощутимы. Постановлением Главного государственного санитарного врача по Республике Татарстан “О введении в действие предельно допустимой концентрации (ПДК) нефтепродуктов в почвах республики Татарстан” от 14.07.1998 г. № 18 установлен гигиенический норматив ПДК НП в почвах Татарстана. Принятие единого норматива обосновывается тем, что выбрана наиболее токсичная из нефтей — сернистая нефть карбоновых отложений. Последствия ее воздействий на окружающую среду (ОС) и человека оценивались по транслокационному (1.5 мг/кг), миграционному водному (13.1), миграционному воздушному (>5) и общесанитарному (>5) показателям вредности, что соответствует

традиционной схеме установления ПДК загрязняющих веществ в почве. В результате в качестве ПДК установлено значение минимального из рассмотренных показателей — 1.5 мг/кг.

Пример *корпоративных нормативов* — критерии приемки земель, очищенных от нефти и прошедших весь цикл рекультивационных работ, действующие в “Газпромнефть — Хантос” (табл. 5). Отметим, что ранее эти значения были установлены во “Временном регламенте приемки нарушенных и загрязненных нефтью и сопутствующими пластовыми водами земель после проведения восстановительных работ для Усинского района Республики Коми” (Сыктывкар, 1995 г.), разработанном для контроля ремедиационных работ на месте Усинской аварии 1994–1995 гг.

Несмотря на то что допустимым признается довольно высокое остаточное содержание нефти, данный показатель “компенсируется” требованием проективного покрытия восстановленной территории растительностью не менее 70%. Растительность можно рассматривать как индикатор теплообмена, причем этот индикатор формируется по-разному в тех или иных условиях химического загрязнения. Тем не менее применение данных требований к грунтам весьма проблематично в связи с тем, что все ключевые индикаторы состояния земель касаются глубин не более 20 см и характеристик соответствующих специфических процессов именно в этой зоне.

ЗАРУБЕЖНЫЕ ПОДХОДЫ К НОРМИРОВАНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВ НП

Зарубежные подходы характеризуются значительным разнообразием. Наиболее детально они разработаны в Канаде, США и в других промышленно развитых странах.

Канада. Принципиальная особенность подхода — *учет вида землепользования* (рассматриваются четыре варианта, определяющих в итоге путь попадания токсиканта в организм). Для каждого вида землепользования определены основные условия, характер и интенсивность допустимого воздействия на “экологические реципиенты”^{1,2}. Нормативы влияния на ОС и здоровье человека различаются; их можно условно назвать “санитарно-гигиеническими” и “экологическими”. Минимальные концентрации, обеспечивающие защиту от каждого пути воздействия, принимаются как *норматив качества почв с точки зрения охраны здоровья человека*. Наименьшие из значений “экологических” и “санитарно-гигиенических” нормативов назначаются *итоговыми нормативами качества почвы* для каждого вида землепользования. Также нормативы сопоставляют с фоновыми концентрациями. Для минимизации неопределенности при нормировании рассматривают *два универсальных типа почв*: крупнозернистые и мелкозернистые структуры (преимущественно частицы размера ила и глины). Критерий различия двух категорий — средний размер зерен 75 мкм. Нормативы действуют для глубин до 1.5 м почвенного (грунтового) профиля. Более глубокие слои менее доступны для контакта с человеком, хотя и могут быть источником косвенного воздействия через газовую фазу и подземные воды. В табл. 6 показана зависимость допустимых концентраций различных групп НП, выделенных по числу атомов углерода, от фракционного состава почв и хозяйственного назначения земель. Достоинство данной схемы — дифференциация норм концентраций УВ с учетом длины углеродной цепи, назначения земель и фракционного состава почв. Однако длина

углеродной цепи еще не определяет токсичность соединения; очевидна необходимость использования отдельных нормативов для особо опасных соединений.

Чешская Республика. Степень загрязнения почв УВ определяют по пороговым значениям, соответствующим возможности безопасного использования земель (табл. 7). Концентрации УВ менее указанных в колонке А соответствуют их естественному содержанию в почве. Концентрации в интервале А...В соответствуют незначительному загрязнению, в интервале В...С — загрязнению, которое может негативно влиять на здоровье человека. Концентрация УВ выше значений в колонках С₁...С₄ соответствует загрязнению, представляющему значительный риск для ОС и здоровья человека. Дополнительный анализ риска необходим в зонах С₁–С₄.

США. Американским нефтяным институтом в стандарте API 1628 “Руководство по оценке и ремедиации подземных разливов нефти”³ приведены значения максимально допустимых концентраций НП в грунтах (мг/кг):

- грубый гравий: бензин — 950; средние дистилляты/дизельные НП — 2200; остаточные компоненты — 4800;
- грубый песок: бензин — 2800; средние дистилляты/дизельные НП — 6500; остаточные компоненты — 15000;
- тонкий песок/ил: бензин — 7500; средние дистилляты/дизельные НП — 17000; остаточные компоненты — 39000.

Подчеркнем, что это один из немногих стандартов, касающийся непосредственно грунтов.

Казахстан. Для нефтедобывающих регионов Казахстана утверждены ПДК нефти следующих месторождений (мг/кг): Жетыбай — 100.0 в почве; Каражанбасское — 100.0; Каламкас — 10.0⁴. Нефть последнего из перечисленных месторождений наиболее токсична по сравнению с двумя другими, поэтому для нее принят норматив на порядок меньше. В республике действует принятый в 2004 г. порядок оценки, согласно которому введены значения ПДК нефтей и оценочные показатели санитарного со-

¹ Canadian Council Ministers of the Environment. A Protocol for the Derivation of Environmental and Human Health Soil Quality Guidelines. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2006. [Электронный документ]. Режим доступа: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/351> — Проверено 15.08.2015.

² Canadian Council Ministers of the Environment. Canada-Wide Standard for Petroleum Hydrocarbons (PHC) in Soil: Scientific Rationale Supporting Technical Document January 2008 PN 1399. Canadian Council of Ministers of the Environment, 2008.

³ A Guide to the Assessment and Remediation of Underground Petroleum Releases, 2nd Edition, API Publication 1628, Washington, D.C. API, 1996.

⁴ Совместный приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 30.01.2004 г. № 99 и Министра охраны окружающей среды Республики Казахстан от 27.01.2004 г. № 21-п “Об утверждении нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих почву”.

Таблица 6. Классификация загрязнения почв нефтяными УВ в Канаде*

Назначение земель	Фракционный состав почв	Концентрация, мг/кг			
		C ₆ -C ₁₀	C ₁₁ -C ₁₆	C ₁₇ -C ₃₄	>C ₃₄
Сельскохозяйственные	Крупнозернистые	130	449	400	2800
	Мелкозернистые	260 (180)	900 (249)	800	5600
Земли населенных пунктов/парков	Крупнозернистые	30	149	400	2800
	Мелкозернистые	260 (180)	900 (249)	800	5600
Коммерческие	Крупнозернистые	310	760	1700	3300
	Мелкозернистые	660 (180)	1490 (249)	2490	6600
Промышленные	Крупнозернистые	310	760	1700	3300
	Мелкозернистые	660 (180)	1490	2490	6600

*В скобках приведена концентрация НП, представляющая опасность загрязнения питьевых вод при коэффициенте фильтрации водоносного горизонта от 10^{-4} см/с. Крупнозернистые почвы – почвы с размером зерен > 75 мкм, мелкозернистые – < 75 мкм. Группы НП выделены по числу атомов углерода.

Таблица 7. Пороговые значения концентрации УВ в почве*

Загрязняющие УВ	Концентрация, мг/кг					
	А Естественное содержание	В Незначительное загрязнение	C ₁ Жилая зона	C ₂ Рекреационная зона	C ₃ Промышленная зона	C ₄ Многоцелевое использование
Бензол	0.03	0.5	0.8	1	5	1
Толуол	0.03	50	100	120	150	100
Этилбензол	0.04	25	50	60	75	50
Ксилолы	0.03	25	30	50	75	25
УВ (суммарно)	100	400	500	750	1000	500

*Kriteria zničišteni zemin a podzemni vody. Priloha Zpravodaje MZP CR roč 6. 1996. 8 p.

стояния почв населенных мест. В зависимости от показателя загрязнения экзогенными химическими веществами выделяются градации:

- загрязнение меньше ПДК: степень опасности – “безопасная”, степень загрязненности – “чистая”;
- 1–10 ПДК: “относительно безопасная”; “слабо загрязненная”;
- 10–100 ПДК: “опасная”; “умеренно-загрязненная”;
- свыше 100 ПДК: “чрезвычайно опасная”; “сильно загрязненная”.

Таким образом, акцент делается не столько на состояние природных комплексов, сколько на характеристики самой нефти.

Беларусь. Значения ПДК⁵ введены в зависимости от функционального назначения почв

⁵Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь “Об утверждении предельно допустимых концентраций нефтепродуктов в землях (включая почвы) для различных категорий земель” от 12.03.2012 г. № 17/1.

и земель (мг/кг): сельскохозяйственного назначения (50), населенных пунктов, садоводческих товариществ, дачных кооперативов (100), промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения (500), природоохранного, оздоровительного, рекреационного, историко-культурного назначения (50), лесного фонда, водного фонда, запаса (50). Данные нормативы, как и некоторые европейские, ориентированы на функциональное назначение земель.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ НОРМИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ И ГРУНТОВ НП

Отметим, что в России существуют разработки, где демонстрируются возможности анализа загрязнения индивидуальными компонентами нефти и НП. Так, в работе [3] приведены расчеты эколого-экономического ущерба от загрязнения почв, показавшие более, чем 5-кратные превышения итоговых оценок по индивидуальным компонентам нефти по сравнению с расчетами

Таблица 8. ПДК и критические концентрации ароматических соединений в почвах и грунтах, мг/кг

Вещество	Россия	Беларусь	США*, мг/кг	Канада**, мг/кг	Австралия (экологический уровень)	Нидерланды****
3,4-бенз(а)пирен	0.02	0.02	0.98/ 0.09	0.60–0.77	1	0.0005/ нет
Нафталин	нет	0.015 (ОДК)	1.8	0.014/ 0.017	5	0.01/ нет
Сумма ПАУ	нет	1.0 (ОДК)	нет	20...100***	нет	нет/ 40
Бензол	0.3	0.3	0.03	0.046/ 0.078	1	0.2/ 1.1
Толуол	0.3	0.3	12	0.52/ 0.12	3	7/ 32
Ксилол	0.3	0.3	5.6	15/ 28	5	0.2/ 17

* В числителе нормативы для территорий внутри населенных мест, в знаменателе – за пределами (см. Summary of Maximum Allowable Concentrations of Chemical Constituents In Uncontaminated Soil Used as Fill Material At Regulated Fill Operations (35 Ill. Adm. Code 1100. Subpart F) //www.epa.state.il.us/land/ccdd/new-max-allowable-concentrations-table.pdf).

**В числителе нормативы для тонкозернистых почв, в знаменателе – для крупнозернистых (см. сноски 1, 2).

*** Норматив для суммы ПАУ санитарно-гигиенический: от 20 до 100 мг/кг в зависимости от категории площадки.

**** В числителе целевое значение для подземных вод, мкг/л; в знаменателе – уровень, требующий вмешательства, для почв, мг/л; концентрации в почвах – для «стандартных почв» (1% органического вещества и 25% глины) (см. Soil Remediation Circular, 2009//www.esdat.net/Environmental%20Standards/Dutch/ENGELSE%20versie%20circulaire%20Bodemsanering%202009.pdf).

Таблица 9. Сравнительный анализ нормативов качества грунтов и почв

Страна	Норматив именно для грунтов	Анализ детального компонентного состава	Учет категорий использования земель	Учет токсичности конкретных нефтей/ НП	Учет фракционного состава почв/ грунтов	Токсичность для человека и ОС отдельно	Пределы изменений допустимых концентраций, мг/кг
Канада	–	+/- (учет длины углеродной цепи)	+	+	+	+	30...6600
Чехия	–	+	+	+	–	+(только для человека)	100...1000
США	+	Учет типа товарных НП	–	–	+	–	950...39000
Казахстан	–	–	+(норматив – для почв населенных мест)	+	–	+(только для человека)	10...100
Беларусь	–	–	+	–	–	–	50...500
Нидерланды	–	+	+	–	–	–	50...5000
Россия	–	-	+/-	-/ +(в регион. нормах, Татарстан)	–	–	До 100 г/кг (норматив ДОСНП для верхних торф. болот, ХМАО)

ущербов от нефтяного загрязнения по “валовым концентрациям” НП. Учет индивидуальных компонентов нефти предполагает и анализ содержания супертоксичных компонентов, включая ПАУ, которым за рубежом уделяется огромное внимание. Отметим, что попытки учета зарубежного опыта разработки индивидуальных нормативов предпринимались и в России. Так, в СП 11-102-97 “Инженерно-экологические изыскания для строительства” нормы содержания отдельных веществ в почвах и подземных водах в России сопоставлены с допустимыми концентрациями в различных категориях почв (водоохранные зоны, заповедники; древние речные долины; водоразделы) Германии и Нидерландов.

В целом среди основных тенденций развития системы нормирования качества компонентов ГС можно выделить совместное регулирование качества сопредельных сред (подземные воды и грунты), анализ загрязнения компонентами нефти и НП по валовому содержанию и индивидуальным соединениям, введение региональных и корпоративных нормативов. Тем не менее, до настоящего времени критериям качества грунтов уделяется крайне незначительное внимание, а механический перенос нормативов качества почв на грунты не позволяет адекватно оценить степень их загрязнения. Подстилающие почвы грунты – важнейшее *временно депонирующее звено* на пути инфильтрации потоков влаги. Это своего рода фильтр (как и почвы) по отношению к подземным водам (не только грунтовым), препятствующий созданию в водоносных горизонтах высоких и сверхвысоких концентраций НП. В то же время санация грунтов от НП с учетом современных масштабов их загрязнений требует несоизмеримо больших затрат по сравнению с почвами и водами.

Учет детального химического состава УВ нефти и НП – крайне важный момент. В частности, все более серьезное внимание уделяется ПАУ [9, 11]. России предстоит во многом “догонять” другие страны, где данные вещества контролируются уже не одно десятилетие. Ратифицировав Стокгольмскую конвенцию о стойких органических загрязнителях, наша страна приняла обязательства не только по недопущению их применения, но и по мониторингу их в средах. В то же время большинством отечественных стандартов и руководящих документов предписывается контроль единственного ПАУ – бенз(а)пирена, что явно недостаточно.

Граничные значения, принятые в разных странах, характеризуются значительными раз-

личиями (табл. 8). Очевидно, это вызвано как разнообразием природных условий, для которых создавались данные нормативы, так и различиями в системе обоснования данных нормативов. Сводные данные, характеризующие подходы к нормированию нефтяных загрязнений почв и грунтов в странах мира, представлены в табл. 9.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перечисленные проблемы нормирования загрязнения грунтов и почв в последнее время решаются на региональном и корпоративном уровнях. Участие бизнес-структур в данных исследованиях вызвано необходимостью принятия “узаконенных” значений допустимых уровней загрязнения почв и земель, как ориентиров для оценки качества рекультивационных работ. Анализ зарубежного опыта нормирования показал возможности применения некоторых подходов к нормированию и в России. В частности, это касается нормирования отдельных УВ и НП, являющихся приоритетными загрязнителями. По нашему мнению, необходимо сформировать систему критериев и индексов, на основе которой можно проводить комплексные оценки в системе “почвы – грунты – подземные воды” с учетом взаимодействия УВ и их миграционной проницаемости.

Из индивидуальных НП значения ПДК в России установлены для бензола, этилбензола, ксилола, толуола и нафталина, а также бенз(а)пирена. В настоящее время действует СанПиН 2.1.4.1074.01, в котором установлена допустимая концентрация 0.1 мг/л суммарно. Однако при реабилитации территории такие показатели труднодостижимы, так как в ходе очистки в лучшем случае извлекается до 50% НП (преимущественно растворенных форм).

Для каждого природного объекта (бассейна и структуры) необходимы свои целевые показатели, позволяющие отслеживать состояние среды. Такой подход сложился в настоящее время в странах ЕС, где с 2000 г. действует Рамочная директива, регулирующая вопросы качества подземных вод и их контроля [7]. Можно отметить, что аналогичные принципы применяются в России при управлении качеством водных ресурсов на основе бассейнового подхода – при разработке нормативов допустимого воздействия и создании схем комплексного использования и охраны водных объектов.

Недостаточное внимание при нормировании уделяется супертоксичным компонентам нефтей и НП, в частности ПАУ. Эти соединения могут играть роль геохимических маркеров, свидетельствующих о степени преобразования УВ, загрязнивших компоненты ГС [8, 10].

Актуальность исследований и разработки нормативов содержания нефти и НП в зонах аэрации и насыщения возрастает с внесением изменений в российское законодательство и переходом на так называемое технологическое нормирование (нормирование на основе наилучших доступных технологий – НДТ). В частности, отраслевые справочники по НДТ в нефте-, газодобыче и нефтепереработке предполагается создать в 2016–2017 гг. В этом случае возникает необходимость оценки воздействия промышленных объектов на ОС, задания допустимых границ таких воздействий и организации мониторинга, что обостряет необходимость выработки норм качества загрязняемых сред.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачурин Б. А., Одинцова Т. А., Борисов А. А. К методике идентификации источников нефтезагрязнения геологической среды // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. № 10. С. 291–298.
2. Галицкая И. В., Позднякова И. А. К проблеме загрязнения подземных вод и пород зоны аэрации нефтепродуктами и ПАУ на территории города Москвы // Геоэкология. 2011. № 4. С. 337–343.
3. Костылева Н. В., Першуклова О. Ю., Тиунова О. Н. Научные и методические основы создания информационной базы по экологическим последствиям аварийного загрязнения окружающей среды // Географический вестник. 2009. № 2. С. 1–12.
4. Московченко Д. В. Исследование почв города Тюмени на загрязнение нефтепродуктами и 3,4-бензпиреном. [Электронный документ]: <http://www.ipdn.ru/rics/doc2/YD/titul.htm>.
5. Новикова О. О. Геоэкологические аспекты строительного освоения нефтезагрязненных территорий (на примере г. Брянска): Автореф. дис. ... канд. тех. наук. М.: МГСУ, 2012. 19 с.
6. Хаустов А. П. Техногенные системы как феномен самоорганизации материи (на примере загрязнения геологической среды углеводородами) // Литосфера. 2014. № 1. С. 105–116.
7. Хаустов А. П., Редина М. М. Европейский опыт экологической регламентации использования подземных вод // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 6. С. 730–738.

8. Хаустов А. П., Редина М. М. Химические маркеры на основе соотношений концентраций полициклических ароматических углеводородов в компонентах окружающей среды // Вода: химия и экология. 2014. № 12. С. 98–107.
9. Khaustov A. P., Redina M. M. Justification of optimal methods of rehabilitation of geological environment at the leaks of oil products during their storage. SPE conference and exhibition. [Электронный документ]. [<https://getit.spe.org/thinclient/Transfer.aspx>]: zip-архив PC_Users.exe. С. 1–10.
10. Khaustov A. P., Redina M. M. Identification of Sources of Environmental Pollution at the Sites of Production, Storage and Transportation of Oil Using the PAH Indicator Ratios // SPE Annual Caspian Technical Conference and Exhibition, 12–14 November, Astana, Kazakhstan. Conference proceedings. [Электронный документ]: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-172281-MS>.
11. Khaustov A. P., Redina M. M. Transformation of Petroleum Products in the Geological Environment Accompanying Changes in Their Bitumen Status // Water Resources. 2014. V. 41. No. 7. P. 854–864.

REFERENCES

1. Bachurin, B.A., Odintsova, T.A., Borisov, A.A. *K metodike identifikatsii istochnikov neftezagryazneniya geologicheskoi sredy* [To the method of the identification of the source of the oil pollution of geological environment]. *Gornyi informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*, 2009, no. 10, pp. 291–298 (in Russian).
2. Galitskaya, I.V., Pozdnyakova, I.A. *K probleme zagryazneniya podzemnykh vod i porod zony aeratsii nefteproduktami i PAU na territorii goroda Moskvy* [To the problem of pollution of groundwater and aeration zone rocks with petroleum products and PAHs in the Moscow territory]. *Geoekologiya*, 2011, no. 4, pp. 337–343 (in Russian).
3. Kostyleva, N.V., Pershukova, O. Yu., Tiunova, O.N. *Nauchnye i metodicheskie osnovy sozdaniya informatsionnoi bazy po ekologicheskim posledstviyam avariinogo zagryazneniya okruzhayushchei sredy* [Scientific and methodical fundamentals of creating information database on emergency pollution of the environmental consequences of the accidental pollution of the environment]. *Geograficheskii vestnik*, 2009, no. 2, pp. 1–12 (in Russian).
4. Moskovchenko, D.V. *Issledovanie pochv goroda Tyumeni na zagryaznenie nefteproduktami i 3,4-benzpirenom* [The study of soils in Tyumen for the pollution with oil and 3,4-benzpyrene]. Available at: <http://www.ipdn.ru/rics/doc2/YD/titul.htm>. (accessed on 5.09.2014 (in Russian)).
5. Novikova, O.O. *Geoekologicheskie aspekty stroitel'nogo osvoeniya neftezagryaznennykh territorii (na primere g. Bryanska)*. *Avtoref. dis. kand. tekh. nauk*. [Geoenvironmental aspects of the development of the construction of oil-contaminated areas (by the example of Bryansk)].

- Extended abstract of Cand. Sci. (Techn.) Dissertation] Moscow, MGSU, 2012. 19 p. (in Russian).
6. Khaustov, A.P. *Tekhnogennye sistemy kak fenomen samoorganizatsii materii (na primere zagryazneniya geologicheskoi sredy uglevodorodami)* [Technogenic systems as a phenomenon of matter self-organization (by the example of geoenvironment pollution with hydrocarbons)]. *Litosfera*, 2014, no. 1, pp. 105–116 (in Russian).
 7. Khaustov, A.P., Redina, M.M. *Evropeyskii opyt ekologicheskoi reglamentatsii ispol'zovaniya podzemnykh vod* [European experience in the ecological regulation of groundwater use]. *Water resources*, 2010, vol. 37, no.6, pp. 730–738.
 8. Khaustov, A.P., Redina, M.M. *Khimicheskie markery na osnove sootnoshenii kontsentratsii politsiklicheskikh aromatischeskikh uglevodorodov v komponentakh okruzhayushchey sredy* [Chemical markers based on polycyclic aromatic hydrocarbon concentration ratios in the environment components]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2014, no. 12, pp. 98–107 (in Russian).
 9. Khaustov, A.P., Redina, M.M. Justification of optimal methods of rehabilitation of geological environment at the leaks of oil products during their storage. SPE conference and exhibition. Available at: [<https://getit.spe.org/thinclient/Transfer.aspx>]. (accessed on 15.10.2013).
 10. Khaustov, A.P., Redina, M.M. Identification of environmental pollution sources at the sites of production, storage and transportation of oil using the PAH indicator ratios. *SPE Annual Caspian Technical Conference and Exhibition, 12–14 November, Astana, Kazakhstan. Conference proceedings*. Available at: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-172281-MS>. (accessed 20.08.2015).
 11. Khaustov, A.P., Redina, M.M. Transformation of petroleum products in the geological environment accompanying changes in their bitumen status. *Water Resources*, 2014, vol. 41, no. 7, p. 854–864.

HYDROCARBON POLLUTION OF SOILS AND GROUNDS: REGULATION PRAXIS, PROBLEMS AND TENDENCIES

A. P. Khaustov, M. M. Redina

*Ecological Faculty, Peoples' Friendship University of Russia, 115093 Podolskoe shosse 8/5, Moscow, Russia.
E-mail: khaustov_ap@pfur.ru*

The approaches to the regulation of pollution of soils and grounds with oil and petroleum products are critically analyzed. In our opinion, it is necessary to distinguish between the concentration norms of crude oil and petroleum products used for these two media, because the pollutant migration and transformation differs considerably in soils and grounds (above all, because of the biota in soils).

The most significant problems in the development of norms and regulations for soils and grounds are related to the use of unified norms for these landscape components for the whole territory of Russia (despite the differences in the regional natural conditions); to the regulation of total concentrations of hydrocarbons in media instead of the concentrations of individual compounds; to the absence of norms for the most toxic components of oil and petroleum products. Moreover, the regional norms used for the remediation quality control are also insufficiently developed.

From this viewpoint, the promising national and foreign approaches to the regulation of oil pollution of soils and grounds are considered. They take into account the detailed chemical composition of oil and petroleum products (including the most toxic components such as PAHs), regional and local specifics of the polluted media, possible migration of petroleum substances into the neighbor environments (i.e. groundwater, surface water bodies, the atmosphere, etc.). In addition, the different danger for different recipients is considered (human health, the environment).

The final table presents the results of comparing approaches to the elaboration of the environmental norms for the petroleum pollution of soil and grounds in some countries as well as the critical values (the maximal allowable concentrations) of oil and petroleum products. The prospects in the development of environmental regulation system in Russia are shown in accordance to the tendencies in ecosystem regulation and possible use of foreign experience in regulation.

Key words: *regulation, geological environment, rocks, soils, oil, petroleum products.*