

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА СЕЛИТЕБНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЯКУТИИ ПО СОДЕРЖАНИЮ СУММАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Я. Б. Легостаева, зав. лаб., НИИПЭС СВФУ,
ylego@mail.ru,
Н. Е. Сивцева, н. с., НИИПЭС СФВУ,
sivnatali81@mail.ru,
А. Г. Дягилева, м. н. с., НИИПЭС СВФУ,
nuta0687@rambler.ru,
Н. Е. Шеина, лаб., НИИПЭС СВФУ,
misnatasha2010@mail.ru

На территории Республики Саха (Якутия) с развитием нефтегазового комплекса, строительством и эксплуатацией трубопроводной системы ВСТО, освоением новых месторождений, в том числе и углеводородного сырья, увеличивается транспортная нагрузка как на природные, так и на техногенно-преобразованные территории. В статье обосновывается необходимость разработки и применения регионального норматива остаточно-допустимого содержания нефти и продуктов ее трансформации в почве. На примере проведенных исследований на территории основных крупных населенных пунктов и действующих промышленных площадок с учетом содержаний предельных углеводородов природного органического вещества зональных и доминирующих типов почв разработан алгоритм оценки загрязнения почвенного покрова по содержанию суммарных нефтепродуктов.

Due to the development of oil-and-gas complex, construction and exploitation of the pipe-line East Siberia—Pacific Ocean, development of new mineral deposits (including hydrocarbons) in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), increase of transport load takes place both in natural and technogenically modified territories. The paper proves necessity of elaboration and fulfillment of the regional standard of acceptable residual content of oil and its products in soils. Based on the results of the studies in the territory of large settlements and working industrial polygons, the algorithm of assessment of soil pollution has been developed considering the gross content of saturated hydrocarbons in natural organic substance in zonal and predominating soil types.

Ключевые слова: суммарные нефтепродукты, почвы, почво-гунты, селитебные территории, почвенное органическое вещество.

Keywords: gross oil products, soils, residential areas, soil organic substance.

Введение. На территории Республики Саха (Якутия) с развитием нефтегазового комплекса, строительством и эксплуатацией трубопроводной системы Восточная Сибирь — Тихий океан (ВСТО), освоением новых месторождений, в том числе и углеводородного сырья, увеличивается транспортная нагрузка как на природные, так и на техногенно-преобразованные территории, а в связи с этим возрастает число точечных и локальных разливов нефтепродуктов, особенно в местах скопления автотранспорта, например, автохозяйств, бензозаправочных станций, автостоянках, на свалках бытовых и промышленных отходов и т. д. Нефтяные углеводороды, попадая в почву, препятствуют процессам микробиологического разложения, поэтому, пока они не минерализуются и не войдут в углеводородный обмен веществ, их рассматривают как постоянные для окружающей природной среды вещества, требующие контроля и проведения мероприятий дезактивации [1].

Пропитывание нефтепродуктами почвенных масс приводит к активным изменениям химического состава, свойств и структуры почвы, ухудшаются свойства почвы как питательной среды для растений. Время самовосстановления почв достаточно продолжительное — 10—30 лет и более в зависимости от типа почв [2]. Проблема усугубляется тем, что в пределах, например, селитебных территорий в зонах загрязнений нефтепродуктами оказываются, как правило, палисадники, обочины дорог или дворовые территории, где почво-грунты характеризуются мелкодисперсным составом, щелочной средой, высоким содержанием солей, что само по себе способствует угнетению или полному уничтожению почвенной микрофлоры, а соответственно и препятствует развитию процессов самоочищения. Поэтому при экологической оценке состояния селитебных и промышленно освоенных территорий необходимо проводить анализ содержания нефтепродуктов в почвах и почво-грунтах.

Методы и объекты исследования. Определение содержания нефтепродуктов в водных вытяжках проб почв и почво-грунтов проведены на «Флюорат-2М ЛЮМЭКС». Диапазон измеряемых концентраций 0,005—20 мг/г. Ана-

лиз выявляет суммарное содержание нефтепродуктов и не фиксирует легкие нефтепродукты — бензин, керосин и т. д., влияние почвенного органического вещества устраниется в процессе пробоподготовки. При интерпретации результатов химических анализов рассчитывалось среднегеометрическое содержание для выборки, характеризующей конкретную территорию опробования (населенный пункт или промышленную площадку) и проводилось нормирование относительно средних содержаний. В основу материала для статьи легли данные, собранные и проанализированные в период с 2007 по 2012 гг. в лаборатории физико-химических методов анализа НИИПЭС СВФУ им. М. К. Аммосова (Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001.517741).

Результаты и их обсуждение. В отличие от воды и воздуха, для природных почв и почвогрунтов территорий населенных пунктов и промышленно освоенных участков в России не установлены ПДК суммарного содержания нефтепродуктов. Есть лишь ПДК для бензина (0,1 мг/л) и некоторых ароматических углеводородов (бензол, кумол, стирол, α -метилстирол, толуол и ксиолы), которые лежат в диапазоне 0,1—0,5 мг/кг [3]. Почвы считаются загрязненными нефтью и нефтепродуктами, если их концентрация достигает уровня, при котором:

- начинается угнетение или деградация растительного покрова;
- падает продуктивность сельскохозяйственных земель; нарушается равновесие в почвенном биоценозе;
- происходит вытеснение одним-двумя бурно произрастающими видами растительности остальных видов, ингибируя деятельность микроорганизмов, исчезают виды альгофлоры, мезофауны и т. п.;
- происходит вымывание нефти и нефтепродуктов из почв в подземные и поверхностные воды;
- изменяются водно-физические свойства и структура почв;
- заметно возрастает доля углерода в некарбонатном органическом углероде почв, нарушаются генетические связи между содержанием $C_{\text{опр}}$, pH и $N_{\text{общ}}$.

В разных почвенно-климатических условиях концентрация суммарных нефтепродуктов в почвах, при которых почвы можно считать загрязненными, различна. В таблице 1 представлены средние содержания суммарных нефтепродуктов и содержание органического вещества (гумус по Тюрину в пересчете на $C_{\text{опр}}$)

в зональных и доминирующих типах почв Центральной и Юго-Западной Якутии.

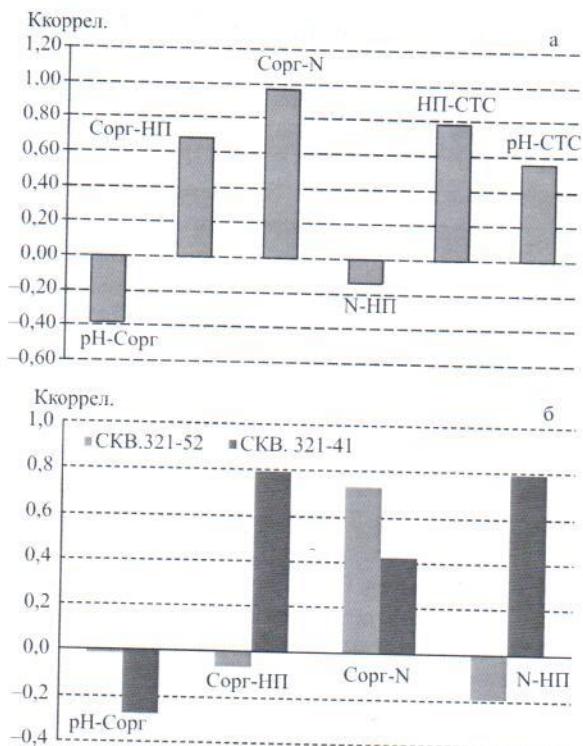
В среднем по исследованным типам почв содержание суммарных нефтепродуктов колеблется от 10 до 1700 мг/кг. Причем в природном не нарушенном состоянии в почвах с высоким содержанием органики уровень суммарных нефтепродуктов, определенных экстракционно-фотометрическим методом, повышается ($r = 0,88$).

По экспериментальным данным сотрудников Института нефти и газа СО РАН остаточно допустимыми концентрациями (ПДК) нефтепродуктов в почвах для территории Якутии можно считать 1000,0 мг/кг [4]. Для сравнения, например в Тюмени в среднем на фоновых территориях содержание нефтепродуктов составляет около 65,0 мг/кг почвы, но в зависимости от типа почв колеблется в пределах от 0 в песчаных подзолистых почвах («боровые пески») до 800 мг/кг в болотных торфяных почвах [5].

В связи с большим разнообразием типов почв не может быть единого показателя загрязнения почв для всей территории России. В различных природных зонах и типах почв при одном и том же уровне загрязнения скорость самоочищения будет различной. Реакцию биогеоценоза на разные содержания нефти

Таблица 1
Фоновое содержание предельных углеводородов природного органического вещества в разных типах почв Якутии

Тип почвы		Среднее содержание суммарных нефтепродуктов, мг/г	$C_{\text{опр}}$, %
Мерзлотные палевые	типичные (n = 15) переходные (n = 17)	0,27 0,05	6,09 6,04
Мерзлотные дерново-карбонатные	типичные (n = 35) неполноразвитые (n = 27) выщелоченные (n = 10) оподзоленные пирогенно-преобразованные (n = 25)	0,01 0,02 0,11 0,01	1,9 4,65 3,47 0,91
Мерзлотные дерново-глеевые (n = 114)		0,63	12,8
Мерзлотные аллювиальные торфянистые (n = 29)		0,15	4,26
Мерзлотные торфянисто-глеевые (n = 17)		1,7	15,1
Мерзлотные перегнойно-карбонатные (n = 51)		0,31	4,65



Корреляционная матрица геохимических условий, характеризующих состояние почв (а), и почво-грунтов площадок скважин (б) на территории Чаяндинского лицензионного участка (2011 г.).

и нефтепродуктов в разных природных зонах можно установить только экспериментально. При этом необходимо учитывать, что минимальный уровень содержания суммарных нефтепродуктов в почвах, выше которого происходит трансформация генетических связей между содержанием $C_{\text{орг}}$, $N_{\text{общ}}$, содержания суммарных нефтепродуктов, а также наступает ухудшение качества природной среды, можно назвать нижним допустимым уровнем концентрации.

При интерпретации результатов химико-аналитических исследований для оценки состояния природных и техногенно-преобразованных ландшафтов, например, площадок разведочных и добывчих скважин, необходимо провести корреляционный анализ значений pH , $C_{\text{орг}}$ (и его состав), $N_{\text{общ}}$, суммы токсичных солей (СТС) и содержание нефтепродуктов, выделенных экстракционно-фотометрическим методом. Что и будет отражать степень загрязнения поверхности площадок скважин при углеводородном загрязнении. На рисунке приведен пример анализа содержания выше перечисленных показателей в дерново-карбонатных почвах, являющихся зональными типами для Юго-Западной Якутии, где расположено

Чаяндинское нефтегазовое месторождение, и в почво-грунтах площадок добывчих скважин на Чаяндинском лицензионном участке.

Алгоритм процессов при нефтезагрязнении грунтов скважин таков: с увеличением содержания нефтепродуктов повышается концентрация $C_{\text{орг}}$, которая приводит к изменению реакции среды в сторону щелочности, что в свою очередь приводит к развитию процессов засоления. Оценка степени засоленности (или сумма токсичных солей), рассчитанная по относительному и абсолютному содержанию солей в водной вытяжке, по данным многих исследований сопровождает аномалии углеводородов как природного, так и техногенного происхождения [6–9]. Таким образом, корреляционный анализ основных показателей эколого-геохимического состояния на примере территории Чаяндинского лицензионного участка выявляет развитие процессов засоления ($\text{НП-СТС } \rho = 0,76$ и $\text{рН-СТС } \rho = 0,56$) в почво-грунтах площадок скважин, которое в данном случае может быть следствием двух факторов: поверхностное нефтезагрязнение и «обнажения» минеральной части почвенного профиля.

К сожалению, в нормативно-правовой базе РС (Я), в отличие от других регионов России (например, Пермской и Ленинградской областей, Республики Коми и Татарстана), не разработаны региональные нормативы остаточно-допустимого содержания нефти и продуктов ее трансформации даже для зональных типов мерзлотных почв. Поэтому проводить оценку загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами как в пределах промышленных площадок, так и на территории населенных пунктов, очень затруднительно. И если для почв ненарушенных территорий разработанный алгоритм оценки нефтезагрязнения уже апробирован и успешно применяется при эколого-геохимическом мониторинге Чаяндинского, Тымтайдахского, Тымпучиканского, Хотого-Мурбайского, Вакунайского, Миринского и других лицензионных участков, то в пределах селитебных территорий, где сформированы антропогенно-преобразованные почвоподобные образования — урбанизмы, и проведено в большей степени латеральное опробование поверхностных слоев, уловить взаимосвязь между показателями pH , $C_{\text{орг}}$, $N_{\text{общ}}$, СТС и содержанием суммарных нефтепродуктов невозможно. Поэтому исследования почвенного покрова населенных пунктов в аспекте оценки нефтезагрязненных участков находятся на стадии накопления информации. В табл. 2 представлены обобщенные данные по содержанию суммарных нефтепродуктов в почво-грунтах наиболее

крупных населенных пунктов РС (Я). Концентрация суммарных нефтепродуктов колеблется в очень широких пределах.

На данный момент по нормированию нефтепродуктов существуют несколько документов, но они еще не утверждены как единый эталон для оценки. Программа геолого-экологического картирования России, опираясь на нормативы, принятые в Нидерландах, рекомендовала следующие критерии нормирования нефтепродуктов в почвах [10]:

допустимые уровни — до 50 мг/кг,
умеренно опасные и опасные от 50—100 до
100—1000 мг/кг,
чрезвычайно опасные выше 1000—
5000 мг/кг.

В Правилах охраны почв в Санкт-Петербурге [11] для оценки загрязненности почвы принята классификация показателей уровня загрязнения по концентрации нефтепродуктов в почве, где различают содержание нефтепродуктов по зонам: почвы селитебных зон — 180 мг/кг; почвы автозаправочных станций — 275 мг/кг; почвы нефтехранилищ и площадок разгрузки нефтепродуктов — 2000 мг/кг.

В Порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами, утвержденном Роскомземом от 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ от 18 ноября 1993 г., показатели уровня загрязнения земель химическими веществами соответствуют следующим уровням содержания нефтепродуктов, мг/кг [12]:

<1000 — допустимый;
1000—2000 — низкий;
2000—3000 — средний;
3000—5000 — высокий;
>5000 — очень высокий уровень загрязнения.

Анализируя содержание суммарных нефтепродуктов с точки зрения выше приведенных нормативных документов, можно прийти к совершено разным выводам. На примере территории г. Якутска было проведено нормирование суммарных нефтепродуктов согласно шкале Роскомзема от 10.11.1993 г. Содержание нефтепродуктов в исследуемых пробах, отобранных в 2012 г., варьирует в широких пределах — от 4 до 6160 мг/кг. Порядка 91 % проб по концентрации нефтепродуктов не превышают допустимого уровня загрязнения. На площади г. Якутска наблюдается чередование участков с высоким и низким содержанием нефтепродуктов. Участки с нефтезагрязнением располагаются в основном вблизи крупных автомагистралей, а также АЗС, расположенных в черте города.

Таблица 2
Содержание суммарных нефтепродуктов в почво-грунтах селитебных территорий некоторых городов и поселков РС (Я)

Населенный пункт	Показатель	Значение, мг/г	Населенный пункт	Показатель	Значение, мг/г
г. Якутск, n = 113	среднее max min	0,36 9,89 0,002	г. Нерюнгри, n = 62	среднее max min	0,28 4,31 0,02
г. Мирный, n = 21	среднее max min	0,24 1,27 0,02	п. Томмот, n = 20	среднее max min	0,46 5,39 0,05
г. Удачный, n = 21	среднее max min	0,18 1,54 0,01	п. Нижний Куранах, n = 17	среднее max min	0,11 0,26 0,03

Незагрязненные участки распространены преимущественно на периферии города, а также в виде более мелких включений по всей территории города. Из функциональных зон наиболее высокие содержания суммарных нефтепродуктов зафиксированы в промзонах (особенно район ДСК), несколько меньше на селитебных территориях.

Таким образом, детальные исследования состава индивидуальных нефтяных углеводородов природных и техногенно-преобразованных ландшафтов, включая селитебные территории и промышленные площадки, должны носить площадной, постоянный и долговременный характер на основе остаточно-допустимых содержаний или ориентировочно допустимых концентраций нефтепродуктов в почвах, разработанных с учетом зональных особенностей почвообразования. При этом использование комплекса методов газовой хроматографии, хромато-масс-спектрометрии и общепринятых агрохимических методов с определением pH, C_{org}, грансостава, суммы токсичных солей для детализации состава и ареалов загрязнений и, как следствие, выводы о загрязнении на основе интегральной оценки всех показателей можно делать только при статистически значимых выборках (n = 7—30). Расчеты должны быть дифференцированы в зависимости от гидродинамических условий района, типа почв и типа землепользования.

Сопоставление результатов химико-аналитических исследований по содержанию и наличию взаимосвязей между pH, C_{org}, N_{общ}, СТС и содержанием суммарных нефтепродуктов позволит проводить корректную оценку геохимической ситуации на исследуемых территориях и как следствие сделать вывод об эколого-геохимическом состоянии почв и почво-грунтов.

Библиографический список

1. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. Практическое руководство / Другов Ю. С., Родин А. А. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 201 с.
2. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. Под ред. М. А. Глазовской. — М.: Наука, 1988. — 254 с.
3. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Энциклопедия «Экометрия». Серия справочных изданий под ред. Л. К. Исаева. С.-Пб: изд. «Крисмас», 1998. 890 с.
4. Зуева И. Н., Лифшиц С. Х., Чалая О. Н., Каширцев В. А., Глязнетцова Ю. С. Идентификация нефтяного загрязнения почвогрунтов методами ИК-Фурье спектроскопии и хроматографии // Проблемы устойчивого развития региона. Материалы докл. 3 школа-семинар молодых ученых России. 8–12 июня 2004 г. — Улан-Удэ, 2004. — С. 158—163.
5. Гусейнов А. Н., Московченко Д. М. Загрязнение почв г. Тюмени нефтепродуктами и 3,4-бензпиреном // Материалы научно-практической городской конференции. — Тюмень, 2000. — С. 77—85.
6. Пиковский Ю. И. Геохимические особенности техногенных потоков в районах нефтедобычи // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. — М.: Наука, 1981. — С. 134—148.
7. Макаров В. Н., Щац М. М., Слепцов А. Н. Геоэкологические условия территории и нефтяного комплекса Талакан—Витим // Наука и образование. — 2002. — № 2. — С. 100—106.
8. Легостаева Я. Б., Боескоров В. С. Показатели состояния мерзлотных почв при загрязнении нефтепродуктами // Наука и образование. — 2009. — № 2 (54). — С. 16—21.
9. Легостаева Я. Б., Томская Л. А., Ксенонфонтова М. И., Сивцева Н. Е., Дягилева А. Г. Эколого-геохимическая характеристика территории газоконденсатных промыслов в пределах северо-таежных ландшафтов Якутии // Наука и образование. — 2011. — № 2 (62). — С. 64—69.
10. Письмо Роскомзема от 27.03.1995 № 3-15/582 «О Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель», утв. Роскомземом 28.12.1994, Минсельхозпродом России 26.01.1995, Минприроды России 15.02.1995.
11. Региональный норматив Правила охраны почв в Санкт-Петербурге «Временные ориентировочные допустимые концентрации нефтепродуктов в почвах города» введен в действие с 1 сентября 1994 года на территории Санкт-Петербурга.
12. Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами», утвержденный Роскомземом от 10 ноября 1993 г. и Минприроды РФ от 18 ноября 1993 г.

ASSESSMENT OF SOIL COVER CONDITION IN RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL TERRITORIES OF YAKUTIA BASED ON THE CONTENT OF TOTAL OIL PRODUCTS

Ya. B. Legostaeva, Head of Laboratory, Ylego@mail.ru,

N. E. Sivtseva, Researcher, sivnatalia81@mail.ru,

A. G. Dyagileva, Junior Researcher, nuta0687@rambler.ru,

N. E. Sheina, Laboratory Assistant, Misnatasha2010@mail.ru,

Research Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University, Yakutsk

References

1. Environmental analyses for oil spills and oil products. Practical Guide, 2nd ed., Revised and updated. Drugov Y. S., Rodin A. A. M.: BINOM. Knowledge Laboratory, 2007. 201 p.
2. Restoration of contaminated by oil soil ecosystems. Ed. Glazovskaya M. A. M.: Nauka, 1988. P. 254.
3. Control of chemical and biological parameters of environment. Encyclopedia "Ekometriya". A series of reference works, ed. Isaev L. K. St. Petersburg: ed. "Krismas", 1998. P. 890.
4. Zueva I. N., Lifshitz S. Kh., Chalaya O. N., Kashirtsev V. A., Glyaznetzova Y. S. Identification of oil contamination of soil by IK-Furie spectroscopy and chromatography. Proc. Problems of sustainable development of the region. Materials Reports. Third Summer School of Young Scientists of Russia. June 8–12, 2004. Ulan-Ude. BSC SB RAS. P. 158—163.
5. Guseinov A. N., Moskovchenko D. M. Soil pollution city of Tyumen by oil products and 3,4-benzopyrene. Proceedings of the City Conference. Tyumen, 2000. Pp. 77—85.
6. Pikovskiy Y. I. Geochemical features of technogenic streams in oil-producing regions. In: Technogenic fluxes of substances in landscapes and state of ecosystems. M.: Nauka, 1981. Pp. 134—148.
7. Makarov V. N., Schats M. M., Slepsov A. N. Geoeocological conditions of the area of the oil complex Talakan-Vitim. Nauka and education, Yakutsk, 2002. № 2. Pp. 100—106.
8. Legostaeva Ya. B., Boeskorov V. S. Indicators of the state of permafrost soils in process of contaminate by petroleum. Science and education. Sciences about Earth, № 2 (54). Yakutsk, 2009. Pp. 16—21.
9. Legostaeva Ya. B., Tomskaya L. A., Ksenofontova M. I., Sivtseva N. E., Dyagileva A. G. Ecological and geochemical characteristics of the territory of the gascondensate industries within the north-taiga landscapes of Yakutia. Science and education. No 2 (62), 2011. Pp. 64—69.
10. Letter of Roskomzem from 27.03.1995 N 3-15/582 "About Methodical recommendations on the identification of degraded and contaminated land", approved by Roskomzem 28.12.1994, 26.01.1995 Russian Agriculture and Food, Ministry of nature of Russia 15.02.1995.
11. The regional standard rules for soil conservation in St. Petersburg "Temporary tentative permissible concentration of oil products in the soils of the city" was introduced with effect from 1 September 1994 on the territory of St. Petersburg.
12. Letter of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of the Russian Federation "Procedure for determining the extent of damage from land contamination by chemicals" approved by Roskomzem on November 10, 1993 and the Ministry of Natural of the Russian Federation on November 18, 1993.