

## Оценка содержания нефтепродуктов в почвах некоторых островов архипелага Земля Франца-Иосифа

Попов С. С.<sup>1</sup>, Никитина М. В.<sup>2</sup>, Хекимова Н. Б.<sup>2</sup>, Наквасина Е. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаврова  
Уральского отделения Российской академии наук  
Архангельск, Россия  
[sergey.sergeevich20@gmail.com](mailto:sergey.sergeevich20@gmail.com)

<sup>2</sup> Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова  
Архангельск, Россия  
[m.nikitina@narfu.ru](mailto:m.nikitina@narfu.ru), [hekimova.n@mail.ru](mailto:hekimova.n@mail.ru), [nakvasina@yandex.ru](mailto:nakvasina@yandex.ru)

В настоящее время потепление в высоких широтах, сопровождающееся стремительным освобождением шельфовых территорий ото льда, повышает привлекательность освоения нефтегазовых месторождений Северного ледовитого океана. Это сопряжено с рисками углеводородного загрязнения Арктических территорий. Вместе с тем освоение островов архипелага Земля Франца-Иосифа в прошлом оставило тревожное наследие в виде загрязнения от утечек и разливов нефтепродуктов из брошенных бочек с топливом и техники. Нефтепродукты являются одними из поллютантов, которые оказывают негативное воздействие на почвенные покровы, угнетая хрупкие арктические экосистемы. Информация о состоянии почвенного покрова и его степени загрязнения на островах архипелага Земля Франца-Иосифа на предмет содержания нефтепродуктов носит фрагментарный характер. В работе приведены описания 6 почвенных разрезов с остров Нортбрук (м. Флора), Гукера (бухта Тихая), Чамп, Хейса, их физико-химические характеристики, данные о концентрации нефтепродуктов и выполнена оценка уровня их содержания в почвах некоторых островов архипелага Земля Франца-Иосифа. Проведенный анализ показал, что на исследуемых территориях преобладают литоземы и пелозёмы, торфяная почва выявлена лишь на одном острове. Почвы имеют преимущественно кислую реакцию среды и разнообразны по гранулометрическому составу. Концентрации нефтепродуктов в подавляющей части почв не превышает 250 мг/кг, что позволяет отнести их к категории с допустимой степенью загрязненности, однако были обнаружены участки с высоким уровнем содержания нефтепродуктов (3575 мг/кг). Полученные результаты указывают на необходимость проведения исследований на территории архипелага Земля Франца-Иосифа с целью установления уровней их актуального содержания в почвенном покрове Арктических островов.

*Ключевые слова:* Земля Франца-Иосифа, почвенный покров, нефтепродукты.

### ВВЕДЕНИЕ

В XX веке происходило освоение территорий островов Архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) в основном в целях организации военных баз, для нужд которых на острова доставлялись техника и топливо. Хотя в конце этого же века войсковые части ликвидировали, непродолжительное присутствие человека на данной территории не прошло для нее бесследно. Построенные объекты (жилые и складские помещения), техника, емкости в которых транспортировалось и хранилось топливо, а также свалки были брошены без проведения необходимых рекультивации и консервации. В начале XXI века стал актуальным вопрос оценки накопленного экологического ущерба в Арктике (Шевчук, 2023).

На сегодняшний день арктические территории являются перспективными для стремительно развивающейся нефтегазовой промышленности Российской Федерации, о чем свидетельствуют намерения по освоению углеводородного потенциала континентального шельфа арктических морей, обозначенные в энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 (Энергетическая стратегия..., 2020). В совокупности с глобальными климатическими изменениями (потепление в высоких широтах), промышленное освоение Арктики становится более привлекательным и одновременно представляет потенциальную угрозу возникновения новых источников загрязнения (углеводородного, в частности), которые могут оказать негативное воздействие на функционирование нетронутых ранее арктических экосистем, которые являются чрезвычайно

уязвимыми, а их нарушение часто необратимо (АМАР..., 2010; Игнатьева, 2013; Helle et al., 2020; Trubitsina et al., 2022; Шевчук, 2023). Основную угрозу загрязнения нефтепродуктами (НП) представляют источники техногенного характера. Почвенный покров является ключевым компонентом наземных экосистем, качество которого отражает состояние биогеоценозов в целом. В связи с этим необходимо установить существующие концентрации НП в почвах, чтобы оценить последствия от освоения человеком исследуемых территорий в прошлом и оценить экологическое состояние наземных экосистем, в случае проявления негативного воздействия на них в будущем.

Цель данной работы – изучить состав почв некоторых островов архипелага Земля Франца-Иосифа в отношении содержания в них остатков НП.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования почвенного покрова в полевых условиях, а также отбор образцов проводили летом в 2013 и 2015 годах в ходе экспедиций по проекту «Арктический Плавучий Университет», которые были организованы Северным (Арктическим) федеральным университетом им. М.В. Ломоносова и ФГБУ Северным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Отбор проб проводили на территориях архипелага ЗФИ: о. Нортбрук (м. Флора), о. Гукера (бухта Тихая), о. Чамп, о. Хейса (рис. 1).

Всего было заложено 6 пробных площадей, на которых отобраны пробы из 16 почвенных горизонтов. На каждой пробной площади закладывали почвенный профиль до материнской породы. Пробы почвы отбирались согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Типы почв устанавливались в соответствии с «Классификация и диагностика почв России» (Классификация..., 2004).

В исследуемых почвах определяли гранулометрический состав согласно ГОСТ 12536-2014, выделяя две фракции: физическая глина и физический песок; актуальную кислотность согласно ГОСТ 26423-85. Разновидности почв по гранулометрическому составу устанавливали по классификации Н.А. Качинского (ГОСТ 12536-2014, 2015). Степень кислотности почв определяли в соответствии с оценочной шкалой по величине рН водной вытяжки (ГОСТ 26212-2021, 2021).



Рис. 1. Расположение пробных площадей на Земле Франца-Иосифа  
(источник: <https://demotivation.ru/pictures/zemlya-frantsa-iosifa-na-karte-30-kartinok>)  
1 – о. Нортбрук (м. Флора); 2 – о. Гукера (бухта Тихая); 3 – о. Чамп; 4 – о. Хейса.

Определение НП в почвах проводили методом люминесцентного анализа на приборе «Флюорат-02-3М» (Россия, компания «Люмэкс», Санкт-Петербург) в соответствии с ПНД Ф 16.1.21-98. В зависимости от диапазона измерений, в котором находится полученный результат, его характеристика погрешности измерений для доверительной вероятности  $P=0,95$  имеет следующие значения: от 5 до 250 мг/кг включительно – 35 %; свыше 250 до 20 000 мг/кг включительно – 25 % (ПНД Ф 16.1:2.21-98, 2012).

Степень загрязнения почв НП оценивали, сопоставляя средневзвешенные концентрации с пороговыми уровнями концентраций нефти и НП, установленными в документе «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами», утвержденным в 1993 году. Для почв, загрязненных нефтью и НП, градация по их концентрации выглядит следующим образом: допустимое содержание – менее 1000 мг/кг; низкое – 1000–2000 мг/кг; среднее – 2000–3000 мг/кг; высокое – 3000–5000 мг/кг; очень высокое – более 5000 мг/кг (Порядок определения..., 1998).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследованных почвах определены типы и физико-химические характеристики, приведены в табл. 1. В соответствии с классификационным статусом (Классификация..., 2004) почвы на о. Хейса и о. Чамп представлены литоземом серогумусовым иллювиально-ожезненным песчаным и литоземом грубогумусовым супесчаным на моренных отложениях. На о. Гукера исследуемые почвы относятся к типам: криогумусовая глееватая супесчаная на скальных грунтах почва (разрез о. Гукера (1)), пелозем (разрез о. Гукера (2)) и пелозем грубогумусированный (разрез о. Гукера (3)). На о. Нортбрук почвы представлены

Таблица 1

Характеристика исследуемых почвенных профилей островов Земли Франца-Иосифа

Район исследования	Номер горизонта	Глубина, см	Обозначение горизонта	pH	Физ. песок, %	Физ. глина, %	Разновидность по гранулометрическому составу
о. Хейса (2013)	1	0–3	A <sub>Y</sub>	6,22	86	14	Супесь
	2	3–24	C <sub>Bf</sub>	5,99	88	12	Супесь
о. Чамп (2013)	1	0–4	A <sub>O</sub>	6,27	1	99	Тяжелая глина
	2	4–18	C	6,45	84	16	Супесь
о. Гукера (1) (2013)	1	0–10	A <sub>K</sub>	6,74	93	7	Связный песок
	2	10–22	C	6,16	96	4	Рыхлый песок
о. Гукера (2) (2015)	1	0–7	O <sub>mr</sub>	6,48	47	53	Глина легкая
	2	7–20	C	6,34	57	43	Суглинок тяжелый
о. Гукера (3) (2015)	1	0–5	O <sub>ao</sub>	-	-	-	-
	2	5–10	A <sub>C</sub>	6,87	17	83	Глина тяжелая
	3	10–30	C	7,41	56	44	Суглинок тяжелый
	4	30–50	C	7,33	52	48	Суглинок тяжелый
	5	50–70	C	7,07	65	35	Суглинок средний
о. Нортбрук (2015)	1	0–6	O <sub>ao</sub>	5,17	-	-	Торф/мох
	2	6–12	T <sub>mr</sub>	5,42	-	-	Торф/мох
	3	12–23	C <sub>g</sub>	6,25	1	99	Глина тяжелая
	4	23–30	±C <sub>g</sub>	6,01	2	98	Глина тяжелая

иловато-торфяной глееватой дренированной мерзлотной почвой. Глубина заложенных профилей не превышает 30 см (за исключением одного профиля на о. Гукера – 70 см), а число горизонтов варьирует от двух до пяти.

На основании классификации по гранулометрическому составу было определено, что среди исследованных почв распространены глинистые (31 %) и песчаные/супесчаные (31 %) почвы, суглинистые составляют 25 % от общего числа исследуемых образцов, моховым очесом или оторфованным материалом представлены 13 % образцов.

На исследуемых территориях о-ов ЗФИ доли типов почв от общего числа по величине pH водной вытяжки в соответствии с оценочной шкалой имеют следующее распределение: преобладают слабокислые (56 %), которые встречаются на всех участках исследуемых территорий; 31 % представлены нейтральными горизонтами, характерными для почв, отобранных на территории о. Гукера; два верхних почвенных горизонта разреза на о. Нортбрук являются сильнокислыми – 13 %.

На основании данных, представленных в таблице 1, можно увидеть, что содержание физической глины и величины pH в целом имеют тенденцию к снижению в пределах почвенного профиля.

Результаты анализа почв на содержание НП в исследованных образцах приведено в таблице 2, а их распределение по горизонтам представлено на рисунке 2.

Содержание НП для 94 % образцов почв не превышает 250 мг/кг, что в соответствии с оценочной шкалой позволяет определить степень загрязненности НП образцов почв как допустимую (минимальное значение 13,3 мг/кг, максимальное – 245 мг/кг). Исключением является высокая концентрация НП (3575 мг/кг) в горизонте (5–10 см) разреза 3 на о. Гукера, что соответствует категории высокой загрязненности, подобного рода большие концентрации НП как правило имеют техногенное происхождение, которое в данном случае может быть связано с деятельностью человека в период освоения данной территории, или же быть следствием оставления здесь объектов, содержащих НП, из которых затем произошла утечка.

Концентрация НП в 3 разрезе о. Гукера убывает с глубиной (рис. 2). Такое распределение можно объяснить высоким содержанием физической глины в горизонте, где наблюдается максимальная концентрация НП, что препятствует перемещению НП в нижележащие горизонты и обуславливает горизонтальную локализацию углеводородного загрязнения в слое 5–10 см.

Однозначной тенденции в распределении НП в почвенном профиле исследуемых образцов не выявлено. Вне зависимости от гранулометрического состава наблюдается как снижение содержания НП в почвенном профиле, так и его увеличение. Хотя в самом глубоком профиле (5–70 см) о. Гукера (3) содержание НП с глубиной уменьшается при снижении доли физической глины в нем. Влияние величины pH так же, как и содержания физической глины, на распределение НП в почвенном профиле статистически не значимо ( $p > 0,1$ ). И все же можно отметить некоторые закономерности изменения содержания НП в почвах в зависимости от гранулометрического состава – на песчаных почвах происходит большее промывание НП в

Таблица 2

Концентрации НП в почвах островов Земли Франца-Иосифа

Район исследования	$C_{НП\ мин.}, \text{ мг/кг}$	$C_{НП\ макс.}, \text{ мг/кг}$	$C_{НП\ ср. \text{ в.з.}}, \text{ мг/кг}$
о. Хейса	35,2±12,3	187,5±65,6	51,9±18,2
о. Чамп	157,5±55,1	175,0±61,3	160,6±56,2
о. Гукера (1)	25,0±8,8	245,0±85,8	163,9±57,4
о. Гукера (2)	13,3±4,7	14,2±5,0	13,9±4,9
о. Гукера (3)	18,2±6,4	3575,0±893,8	369,8±92,5
о. Нортбрук	98,0±34,3	203,5±71,2	136,9±47,9

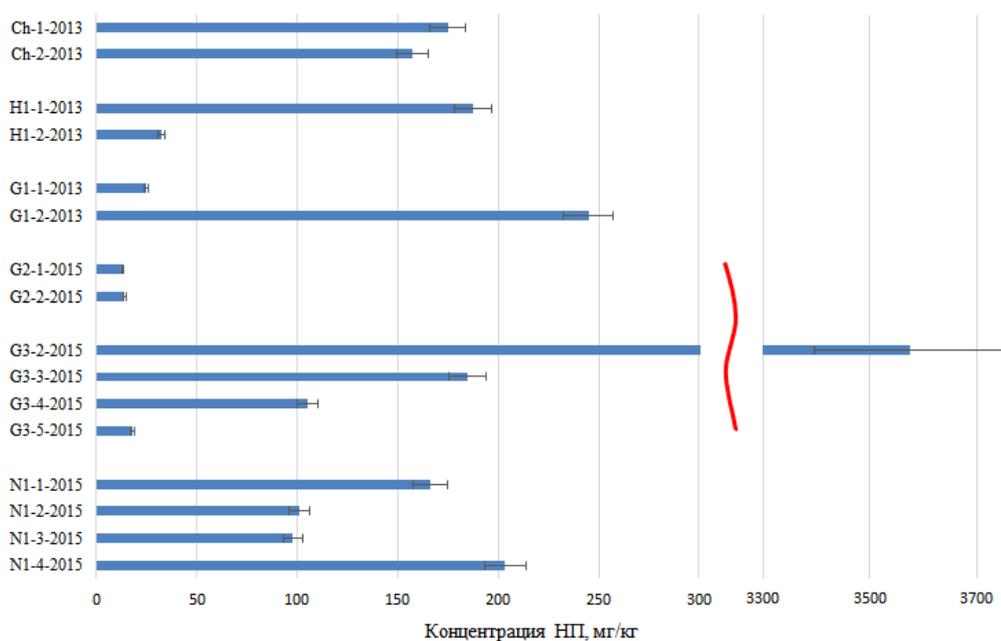


Рис. 2. Распределение НП по горизонтам почв островов Земли Франца-Иосифа. Буквами обозначены места пробоотбора (Ch – о. Чамп; Н – о. Хейса; G – о. Гукера; N – о. Нордбрук), первая цифра – номер разреза, вторая цифра – номер почвенного горизонта, третье число – год отбора.

нижние горизонты. На глинистых – чаще их накопление происходит в верхних горизонтах. На торфяной почве, подстилаемой глиной – наблюдается проникновение НП в нижние горизонты, где они и накапливаются.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование почвенных профилей, заложенных на островах Земли Франца-Иосифа, представленных в работе, показало, что среди почв данных территорий преобладают в основном литоземы и пелозёмы, торфяная почва выявлена лишь на о. Нордбрук. Исследованные почвы имеют незначительную глубину и состоят в своем строении чаще из двух горизонтов, второй из которых представлен почвообразующей породой разного гранулометрического состава. По степени актуальной кислотности почвы имеют преимущественно кислую реакцию среды.

Концентрации НП в 94 % исследованных образцах почв являются невысокими и не превышают 250 мг/кг. Несмотря на то, что почти все исследуемые образцы почвенного покрова в соответствии с нормами по определению размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами классифицируются как почвы с допустимой степенью загрязненности, тем не менее, обнаруживаются участки с высоким (3000–5000 мг/кг) уровнем загрязнения НП. Это может свидетельствовать о возможном локальном антропогенном воздействии на почвенный покров от освоения Арктики в прошлом.

Однозначной тенденции в распределении НП по почвенному профилю не выявлено. Влияние величины рН так же, как и содержания физической глины, на распределение НП в почвенном профиле статистически не значимо ( $p > 0,1$ ). Однако замечено, что локализация НП связана с типами почв, гранулометрическим составом и строением почвенного профиля.

Полученные результаты подтверждают необходимость проведения мониторинговых исследований Арктических территорий, которые позволят оценить уровни имеющихся загрязнений с целью предотвращения их возникновения в будущем.

### Список литературы

- ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. – М.: Стандартинформ, 2011. – 6 с.
- ГОСТ 12536-2014. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2011. – 19 с.
- ГОСТ 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки почв для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – М.: Стандартинформ, 2018. – 10 с.
- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Стандартинформ, 2015. – 24 с.
- ГОСТ 26212-2021. Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение гидrolитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – М.: Российский институт стандартизации, 2021. – 10 с.
- Игнатъева И. А. Проблемы правового обеспечения охраны окружающей среды в условиях развития энергетики в Арктической зоне Российской Федерации // Бизнес, менеджмент и право. – 2013. – № 2. – С. 60–65.
- Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с.
- Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами утвержден Минприроды России от 27 декабря 1993 г. N 04-25/61-5678. – 33 с.
- ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02» – ООО «Льюмэкс – маркетинг», 2012. – 33 с.
- Шевчук А.В. Проблемы оценки и ликвидации накопленного экологического ущерба на загрязненных островах архипелага Земля Франца-Иосифа в период 2011–2017 годов. – М.: Издательский дом «Белый ветер», 2023. – 160 с.
- Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года утверждена распоряжением Правительства РФ от 09.06.2020 № 1523-р. [электронный ресурс]. – Информационно-правовой портал Гарант.ру. – 2020. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/> (просмотрено 9.10.2024).
- AMAP. Assessment 2007: Oil and Gas Activities in the Arctic - Effects and Potential Effects // Arctic Monitoring and Assessment Programme: Oslo, Norway. – 2010. – Vol. 1. – 423 p.
- Inari Helle, Jussi Mäkinen, Maisa Nevalainen, Mawuli Afenyo, Jarno Vanhatalo. Impacts of oil spills on Arctic marine ecosystems: A quantitative and probabilistic risk assessment perspective // Environmental Science & Technology. – 2020. – Vol. 54, № 4. – P. 2112–2121.
- Trubitsina O.P., Bashkin V.N. Geocological and Geopolitical Risks for the Oil and Gas Industry in the Arctic: Challenges and threats. Environmental Pollution // Springer Nature. – 2022. – Vol. 29. – 156 p.

**Popov S. S., Nikitina M. V., Hekimova N. B., Nakvasina E. N. Assessment of the Oil Products Content in the Soils of the Franz Josef Land Archipelago Islands // Ekosistemy. 2024. Iss. 40. P. 26–31.**

Currently, warming in high latitudes, accompanied by rapid release of shelf areas from ice, increases the attractiveness of the oil and gas fields' development in the Arctic Ocean. This is associated with the risks of hydrocarbon pollution of the Arctic territories. However, the development of the islands of the Franz Josef Land archipelago in the past left pollution from leaks and spills of oil products from abandoned barrels of fuel and equipment. Oil products are the pollutants that have a negative impact on the soil cover and fragile Arctic ecosystems. Information of the current soil cover state and the degree of its pollution on the Franz Josef Land archipelago islands by the oil product content is fragmentary. The paper provides descriptions of six soil profiles from the Northbrook Island (Cape Flora), Hooker Island (Tikhaya Bay), Champ Island, and Hayes Island, their physical and chemical characteristics, data on the oil products concentration and an assessment of their content in the soils of some islands of the Franz Josef Land archipelago. The analysis showed that lithozems and pelozems predominate in the studied areas, peat soil was found only on one island. The soils are predominantly acidic and diverse in granulometric composition. Concentrations of oil products in the soils do not exceed 250 mg/kg. This allows classifying them as having an acceptable degree of pollution, but areas with a high level of oil products (3575 mg/kg) were found. The results indicate the need to conduct research on the territory of the Franz Josef Land archipelago in order to establish the current levels of their content in the soil cover of the Arctic islands.

*Key words:* Franz Josef Land, soil cover, oil products.

*Поступила в редакцию 14.10.24  
Принята к печати 27.11.24*