

Оригинальная статья

Динамика пойменной растительности при загрязнении нефтепродуктами в условиях арктической зоны

Т. А. Турчина✉, З. А. Янченко

НИИ сельского хозяйства и экологии Арктики –
филиал ФГБНУ «ФИЦ Красноярский научный центр СО РАН», г. Норильск, Российская Федерация
✉ tatturchina@mail.ru

Аннотация

Актуальность проведенного исследования вызвана недостатком знаний об особенностях трансформации пойменных фитоценозов арктической зоны под влиянием загрязнения нефтепродуктами. Цель работы заключалась в установлении направленности динамики растительности на участках, подвергавшихся загрязнению вследствие аварийного разлива дизельного топлива. Объектами служили пойменные фитоценозы ручья Надеждинский, рек Далдыкан, Амбарная, Пясины (исток) на фоновых (7 шт.) и загрязненных (8 шт.) участках. Подбор объектов и комплекс проведенных исследований выполнены с применением общепринятых методик геоботанического анализа. В результате мониторинга растительности за 2020–2022 гг. проведена сравнительная аналитическая оценка состояния и установлены направления изменения структуры фитоценозов. Основные динамические процессы происходили за счет появления и исчезновения видов (в 2020 г. учтено 53 вида, в 2021–2022 гг. – 55 видов, относящихся к 17 семействам), изменения проективного покрытия и соотношения таксонов и проявились в соотношении числа и обилия видов разных экологических групп. Прохладные и влажные условия вегетационного периода 2021 г. способствовали появлению на участках видов, тяготеющих к повышенной обводненности почвогрунтов (*Equisetum arvense* L. subsp. *arvense*; *Equisetum fluviatile* L.; *Eriophorum scheuchzeri* Норре; *Carex aquatilis* Wahlenb. s. str.), а теплые и сухие в 2022 г. повлияли иным образом: эти же виды или исчезли или уменьшилось их проективное покрытие. По характеру динамики растительного покрова в период 2021–2022 гг., независимо от экологического фона участков, преобладали *флуктуации*: не произошло резкого изменения видового состава и смены эдификаторов. В целом катастрофического влияния загрязнения нефтепродуктами не установлено, произошедшие изменения количественных и качественных характеристик растительных группировок носили узколокальный характер, обусловленный, преимущественно, динамикой погодных условий и особенностями гидрологического режима водных объектов.

Ключевые слова: Арктика, пойма, загрязнение нефтепродуктами, фитоценоотическое разнообразие, флуктуации
Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по проекту «Оценка состояния компонентов природных комплексов Норило-Пясиной экосистемы в условиях техногенного загрязнения» (тема № FWES-2022-0008, ЕГИСУ НИОКТР № 122022600041-8).

Для цитирования: Турчина Т.А., Янченко З.А. Динамика пойменной растительности при загрязнении нефтепродуктами в условиях арктической зоны. *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2024;29(4):574–588. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2024-29-4-574-588>

Original article

Dynamics of floodplain vegetation under oil pollution in the Arctic zone

Tatiana A. Turchina✉, Zoya A. Yanchenko

Research Institute of Agriculture and Ecology of the Arctic –
Branch of the Federal Research Center “Krasnoyarsk Science Center”, Norilsk, Russian Federation
✉ tatturchina@mail.ru

Abstract

The significance of this research arises from the limited understanding of how floodplain plant communities in the Arctic region change in response to oil pollution. The objective of the study was to determine the trends in vegetation changes in areas affected by an accidental diesel fuel spill. The research focused on the floodplain plant communities

of the Nadyezhdinsky Creek, as well as the Daldykan, Ambarnaya, and Pyasina rivers, examining both unpolluted (7 locations) and polluted areas (8 locations). The selection of study sites and the subsequent analyses were conducted using widely accepted geobotanical methods. A comparative analytical assessment of phytocenoses was performed through vegetation monitoring conducted from 2020 to 2022. The primary dynamic processes observed were linked to the emergence and extinction of species, with 53 species recorded in 2020, and 55 species from 17 families noted in both 2021 and 2022. Additionally, alterations in projective cover and shifts in the taxonomic ratios were documented. These changes were reflected in the abundance and diversity of species across various ecological groups. The cool and humid conditions experienced during the 2021 growing season promoted the proliferation of species typically associated with well-watered environments, including *Equisetum arvense* L. subsp. *arvense*, *Equisetum fluvatile* L., *Eriophorum scheuchzeri* Hoppe, and *Carex aquatilis* Wahlenb. s. str. In contrast, the warm and dry conditions in 2022 adversely affected these species, leading to their disappearance or a reduction in their projective cover. The predominant changes in vegetation dynamics from 2021 to 2022 can be characterized as fluctuations, regardless of the ecological context of the study sites, with no significant alterations in species composition or shifts in dominant species. Overall, there were no indications of catastrophic effects resulting from oil pollution. The observed changes in the plant communities were localized and primarily attributed to variations in climatic conditions and the specific hydrological characteristics of the individual water bodies.

Keywords: Arctic, floodplain, oil pollution, phytocenotic diversity, fluctuations

Funding. This study was conducted within the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the project “Assessment of the state of the components of natural complexes of the Norilo-Pyasinsky ecosystem in conditions of technogenic pollution” (theme No. FWES-2022-0008, reg. No. 122022600041-8).

For citation: Turchina T.A., Yanchenko Z.A. Dynamics of floodplain vegetation under oil pollution in the Arctic zone. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2024;29(4):574–588. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2024-29-4-574-588>

Введение

В поймах рек арктической зоны, даже при отсутствии традиционно выделяемых геоморфологических элементов (приустьевая, центральная, притеррасная пойма), формируются растительные сообщества, которые в результате воздействия внутренних и внешних факторов динамичны, быстро сменяемы во времени и пространстве, поддерживают все уровни биологического разнообразия, способствуют улучшению качества поверхностных и подземных вод, выполняют иные экосистемные функции [1–4]. Находясь под непосредственным влиянием водотока, пойменные фитоценозы практически мгновенно и очень чутко реагируют на изменение режима увлажнения, причем не только во время паводка, но и при возрастании стоковой нагрузки в период летнего выпадения осадков [5, 6].

Приоритетным среди большого комплекса причин активизации динамических процессов в поймах многие исследователи считают потепление климата, вызванное, преимущественно, антропогенезом [7]. Несмотря на некоторые положительные моменты [8–10], оно приводит к усилению эрозионных процессов [11], снижению устойчивости инфраструктурных объектов (трубопроводов, резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов), является причиной утечек и аварийных разливов [7].

В арктическом регионе нефть и продукты ее переработки считаются основными загрязнителями [12, 13]. А крупномасштабные аварии, подобные произошедшей 29 мая 2020 г., когда 21 тыс. м³ дизельного топлива вытекло из резервуаров хранения ТЭЦ-3 Норильско-Таймырской энергетической компании, способны в течение длительного времени оказывать дестабилизирующее воздействие на экосистемы водосборов оз. Пясина и впадающих в него рек, следствием чего может стать коренное преобразование экологических условий в поймах рек и фитоценозов [11].

Факт аварии, ее причины, объемы разлива нефтепродуктов, территория и площадь загрязнения, применяемые способы их сбора, обезвреживания и утилизации, возможные экологические последствия достаточно подробно описаны [7, 14–19]. Малоизученным остается вопрос непосредственного и в долгосрочной перспективе влияния остаточных доз загрязняющего вещества на индикаторы состояния пойменной растительности, что определяет актуальность проведенного исследования, цель которого состоит в многофакторном анализе динамических процессов, происходящих в фитоценозах поймы, под воздействием загрязнения нефтепродуктами.

При реализации основной цели исследований применительно к объекту – пойменные фитоценозы, подвергшиеся и не подвергшиеся загрязне-

нию нефтепродуктами, – решались следующие задачи:

- выявление роли загрязнения нефтепродуктами (НП) в изменении количественных и качественных характеристик пойменных фитоценозов;
- определение направленности динамики растительных сообществ.

Объект и методика исследования

Объектом исследований служили растительные сообщества в поймах водотоков, где фиксировались как транзитный поток дизельного топлива, так и его аккумуляция. При выборе способа исследования растительности предпочтение отдано наземному исследованию, так как использование методики дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), при наличии некоторых неоспоримых преимуществ, не позволяет осу-

ществить детализацию структуры и состояния фитоценозов [6, 20].

Основная применяемая методика – описание видов растений на геоботанических площадках. Выбор места их закладки определен наличием (отсутствием) загрязняющего вещества – дизельного топлива, начиная от места аварийного разлива и до истоков р. Пясины (рис. 1).

В 2020–2022 гг. изучено 12 сообществ на 15 площадках, расположенных в пойме ручья Надеждинский (Т0, Т1, Т2, Т3, Т6), рек Далдыкан (Т4, Т4/1, Т5, Т7, Т8), Амбарная (Д3, Д5, Д6, Д7), частично Пясины (ИП2). По характеру воздействия основного фактора – загрязнение нефтепродуктами (экологический фон) – влиянию поллютанта в разной степени подвергались восемь площадок мониторинга, семь участков являлись фоновыми (условно фоновыми): на них

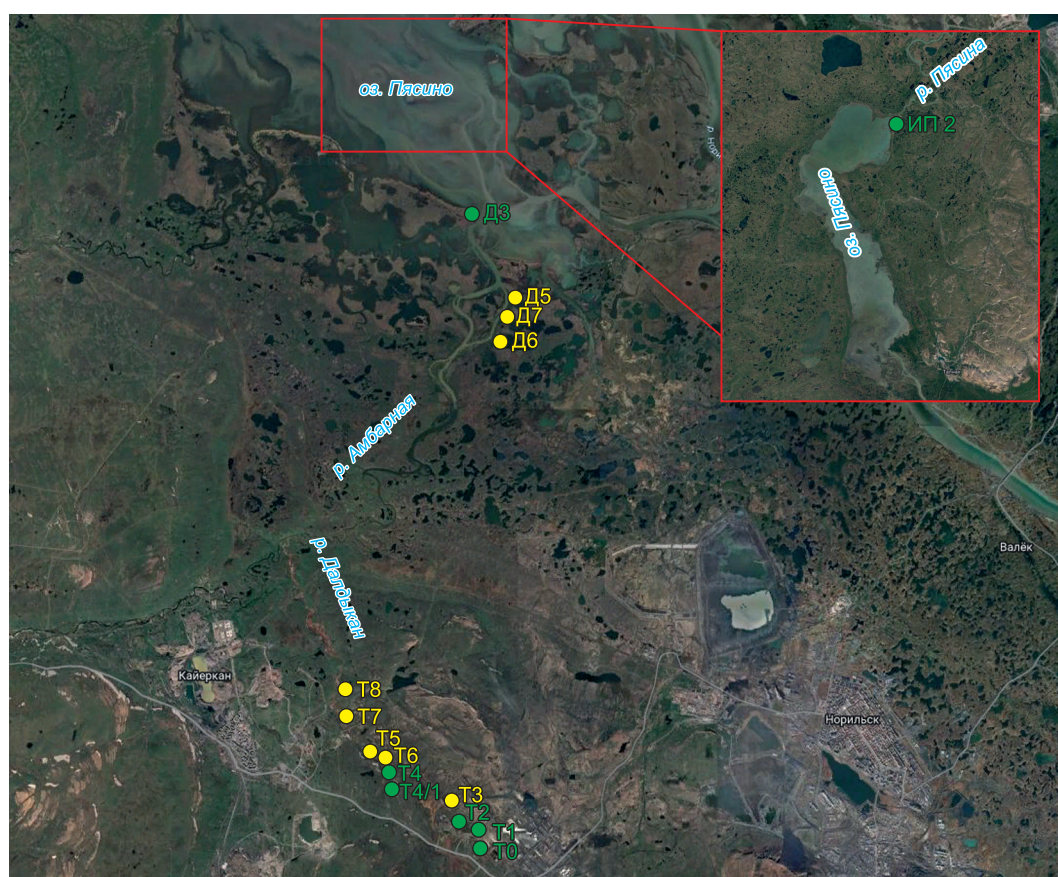


Рис. 1. Местоположение геоботанических площадок. Т0, Т1, Т2, Т3, Т6 – ручей Надеждинский (Безымянный); Т4, Т4/1, Т5, Т7, Т8 – р. Далдыкан; Д3, Д5, Д6, Д7 – р. (дельта) Амбарная; ИП2 – река Пясины (истоки). Точки: зеленые – фоновые участки, желтые – подверженные загрязнению нефтепродуктами

Fig. 1. Location of geobotanical sites. Т0, Т1, Т2, Т3, Т6 – Nadezhdinsky Creek; Т4, Т4/1, Т5, Т7, Т8 – Daldykan River; Д3, Д5, Д6, Д7 – Ambarnaya River (delta); ИП2 – Pyasina River (sources). Points: green – background areas, yellow – areas susceptible to pollution from petroleum products

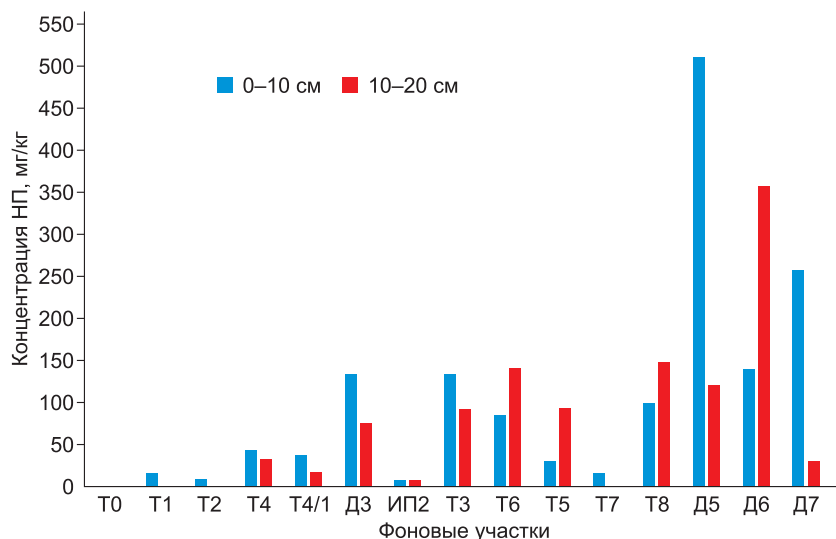


Рис. 2. Остаточные дозы нефтепродуктов в почве

Fig. 2. Remaining concentrations of oil in the soil

наличие нефтепродуктов не фиксировалось, влияние других факторов не учитывалось.

Закладка площадок и комплекс необходимых работ осуществлены в соответствии с традиционными методами геоботаники [21–23]. Их местоположение (географические координаты) определены посредством GPS-навигации. Таксономический статус вида установлен в соответствии со справочником-определителем «Флора Сибири» [24], принадлежность к экологической группе – по сводке Н.А. Секретаревой [25]. Выявление состояния растительного сообщества и установление характера происходящих в нем изменений (флуктуация, сукцессия) – на основе анализа флоры, таксономической, биологической, экологической структуры сообществ и их изменений в течение периода наблюдения [26, 27]. Трехлетний период наблюдений выбран в качестве минимально необходимого, в течение которого возможно получение результатов о последствиях загрязнения, влиянии нефтепродуктов на состояние растительности, наличии и направленности процесса смены растительных сообществ вследствие антропогенной деятельности. Сводная характеристика объектов приведена в табл. 1.

Принимая во внимание известные взаимосвязи в системе почва–растение, отмечаем, что на изменение характеристик растительности будет влиять не столько наличие нефтепродуктов в почве (в их составе и продуктах их трансформации содержатся биогенные элементы), сколько величина их содержания. На момент первичного об-

следования участков – в первый вегетационный период после аварийного разлива нефтепродуктов, их сбора и утилизации – анализ структурных изменений фитоценозов осложнялся отсутствием норматива предельно-допустимой концентрации (ПДК) этих веществ в почвах. Из известного спектра нефтепродуктов ПДК установлена только для бензина (0,1 мг/кг), бензола и его производных (0,3 мг/кг) [28, 29]. Для других легких нефтепродуктов, включая дизельное топливо, предлагается использовать ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) – 2 г/кг [30] и региональный норматив допустимого остаточного содержания нефтепродуктов (ДОСНП) – 1,8–8,5 г/кг для аллювиальных почв различных категорий земель [31].

Для определения возможного влияния остаточных доз нефтепродуктов на изменение характеристик растительности и его оценки в границах геоботанических площадок в пределах корнеобитаемого слоя (до 20 см) отобраны образцы почв и в них определена концентрация загрязнителя [32]. Результирующие данные приведены на рис. 2.

Результаты и обсуждение

Попадая в почву, нефтепродукты способствуют структурному преобразованию почвенных горизонтов, прежде всего гумусового, что неизбежно отражается на состоянии растительности. В зависимости от поступившей дозы загрязнителя может наступить «терапевтический эффект» (при

Характеристика объектов исследования

Table 1

Characteristics of the study sites

Водный объект	Номер точки мониторинга*	Географические координаты		Наименование растительного сообщества	Сводная ботаническая характеристика**		
		с. ш. N	в. д. E		число семейств	число родов	число видов
Фоновые (условно фоновые) участки							
Ручей Надеждинский (Безымянный)	<u>T0</u> 188	69°19'31,5''	87°55'22,2''	Осоковое прирусловое	1-1-1	1-1-1	1-1-1
	<u>T1</u> 186	69°19'32,31''	87°55'21,52''	Ивово-моховое	4-5-5	6-7-7	9-10-10
	<u>T2</u> 184	69°19'31,12''	87°55'19,0''	Ивняк беднотравный	5-5-5	6-6-6	12-12-12
Река Далдыкан	<u>T4</u> 133	69°20'37,06''	87°51'49,44''	Разнотравно-злаковое пионерное	14-14-14	16-16-16	23-23-23
	<u>T4/1</u> 140	69°20'35,81''	87°51'51,24''	Ивняк беднотравный	6-7-7	6-7-7	10-11-11
Река Амбарная	<u>Д3</u> 28	69°29'00,21''	87°55'44,68''	Щучковый луг	2-2-2	4-4-4	4-4-4
Река Пяси́на	<u>ИП2</u> 30	70°03'28,0''	88°04'11,1''	Злаково-осоковый луг	5-6-6	8-9-9	11-12-12
Загрязненные участки							
Ручей Надеждинский (Безымянный)	<u>T3</u> 175	69°19'53,62''	87°54'33,67''	Осоково-хвощовое	3-3-3	5-5-5	6-6-6
	<u>T6</u> 127	69°20'40,01''	87°51'56,94''	Злаково-хвощовое с ивой	3-2-2	3-2-2	6-5-5
Река Далдыкан	<u>T5</u> 126	69°20'41,07''	87°51'39,58''	Ивово-хвощовое	6-6-7	9-9-9	10-9-10
	<u>T7</u> 122	69°20'57,19''	87°50'48,33''	Ивняк беднотравный	3-4-4	6-6-6	8-9-9
	<u>T8</u> 115	69°21'17,69''	87°49'52,51''	Ивняк беднотравный	10-10-10	13-12-12	16-16-16
Река Амбарная	<u>Д5</u> 26	69°27'38,88''	87°56'46,9''	Осоковый луг	4-5-5	4-5-5	5-6-6
	<u>Д6</u> 30	69°27'17,63''	87°56'27,32''	Осоковый луг с ивой	5-5-5	5-5-5	6-7-7
	<u>Д7</u> 30	69°27'18,37''	87°56'29,0''	Разнотравно-осоково-злаковое с ивой	3-3-3	3-3-3	3-4-4
В целом на исследуемой территории					17-17-17	29-30-30	53-55-55

Примечание. * – в знаменателе – высота над уровнем моря, м; ** – учет 2020, 2021 и 2022 гг. соответственно.

Note. * – in the denominator – height above sea level, m; ** – accounting for 2020, 2021, and 2022, respectively.

концентрации до 1000 мг/кг), в больших дозах – подавление фотосинтетической активности, угнетение и гибель растений [33].

Погодные условия, сложившиеся на момент аварийного разлива дизельного топлива (активное снеготаяние, вскрытие рек, наличие льда на поверхности оз. Пяси́но) [34], а также орографические особенности территории способствовали

тому, что основной объем дизельного топлива прошел транзитным потоком по руслу и поймам руч. Надеждинский, рек Далдыкан и Амбарная и аккумулировался в дельте р. Амбарная [17]. Здесь и были выполнены все мероприятия по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. В части отобранных проб почвы (5 шт.) остаточное содержание нефтепродуктов (НП)

было ниже предела обнаружения ($< 5,0$ мг/кг), в остальных – варьировалось от 8,2 до 510 мг/кг (см. рис. 2). Максимальные концентрации ожидаемо фиксировались в дельте р. Амбарная (площадки Д5, Д6, Д7). На других геоботанических площадках концентрация поллютанта определялась скоростью течения воды, особенностями микрорельефа (в понижениях аккумуляровалось больше нефтепродуктов), степенью оттаивания почвенных горизонтов (при оттаившем верхнем горизонте НП в большем объеме просачивались в нижележащие слои). В целом, независимо от почвенного горизонта, концентрация НП на загрязненных участках больше, в сравнении с фоном различия между минимальным и максимальным показателями достигают 2,5–3,8 раза. На всех обследованных участках остаточное содержание НП в почве не превышает рекомендуемые ОДК и ДОСНП, и по уровню загрязнения почв НП находятся в зоне допустимого загрязнения [30, 31, 33].

О степени влияния остаточных доз НП на фитоценозы поймы можно судить по изменению базовых геоботанических характеристик: видовое разнообразие, таксономическая структура, доля доминирующих видов, проективное покрытие и другие.

Аннотированный список сосудистых растений исследуемой территории включал 53 вида в 2020 г., в последующем число видов увеличилось до 55. Независимо от экологического фона (наличие загрязнения или его отсутствие) видовое разнообразие сосудистых растений может быть оценено как низкое: в фитоценозах насчитывается от 1 до 23 видов. Диапазон варьирования видового состава фоновых участков больше, чем загрязненных: за исключением одновидового сообщества (Т0), представляющего собой начальную стадию зарастания русловых наносов, здесь учтено от 4 до 23 видов, на загрязненных участках – от 3 до 16 видов. Остаточные дозы НП в почве на видовое богатство фитоценозов влияют опосредованно: в целом на участках с проведенными мероприятиями по ликвидации аварийного разлива число видов практически идентично показателю на участках с транзитным потоком (см. табл. 1).

Количество видов в пойменных фитоценозах не может быть обусловлено исключительно наличием загрязнения и его дозой, что подтверждают данные видового богатства участков идентичной локации, но при различном экофоне: на фоновом участке Д3 количество видов такое же или мень-

ше, чем на загрязненных Д5, Д6, Д7. Общее число видов в сообществах определяется локальными особенностями трофо- и гигротопов, соответствующих биологическим требованиям, возможностью существования нескольких видов в определенных условиях, видовым составом доминантов и содоминантов. Значительный диапазон видового богатства сообществ (от 1 до 23 видов), выявленный на объекте исследования, указывает именно на дифференциацию экологических условий, как обусловленную, так и не обусловленную влиянием загрязнения.

Из учтенных в фитоценозах видов от 50–60 до 80–90 % от общего их количества не являются ценозообразователями и имеют проективное покрытие не более 5 % (рис. 3). Вне зависимости от остаточных доз НП в почве доля таких растений стабильна, а по годам наблюдений выявлена тенденция увеличения их количества (появление новых видов) в некоторых фитоценозах. В неповрежденных (фоновых) сообществах появление новых видов связано с наличием благоприятных экологических условий. В загрязненных сообществах появившиеся виды могли произрастать и ранее (были уничтожены в процессе ликвидации аварии).

Влияние остаточных доз НП может проявиться в изменении жизненного состояния растений и, как следствие, проективного покрытия ценозообразующих видов (доминантов и содоминантов). Видовой состав эдификаторов определяется экологическими условиями, а значительная вариабельность эдатопопов в пойме приводит к тому, что эдификаторная роль растений проявляется и при невысоком проективном покрытии (табл. 2, рис. 4).

За исследуемый период увеличения проективного покрытия доминантов не выявлено, фиксировалось его уменьшение и в пределах балльной шкалы Браун-Бланке, и с понижением индекса обилия. Этот процесс в равной степени прослеживается и на фоновых (Д3, ИП2), и на загрязненных (Т6, Т5, Т7) участках. Поэтому нет оснований считать основной причиной изменения проективного покрытия наличие остаточных доз загрязнения.

В целом в поймах исследованных водотоков (руч. Надеждинский, реки Далдыкан, Амбарная, Пясины), несмотря на невысокую видовую насыщенность (до 23 видов на 100 м^2) за небольшим исключением (пионерные группировки, сообщества на русловых наносах) сформировались фи-

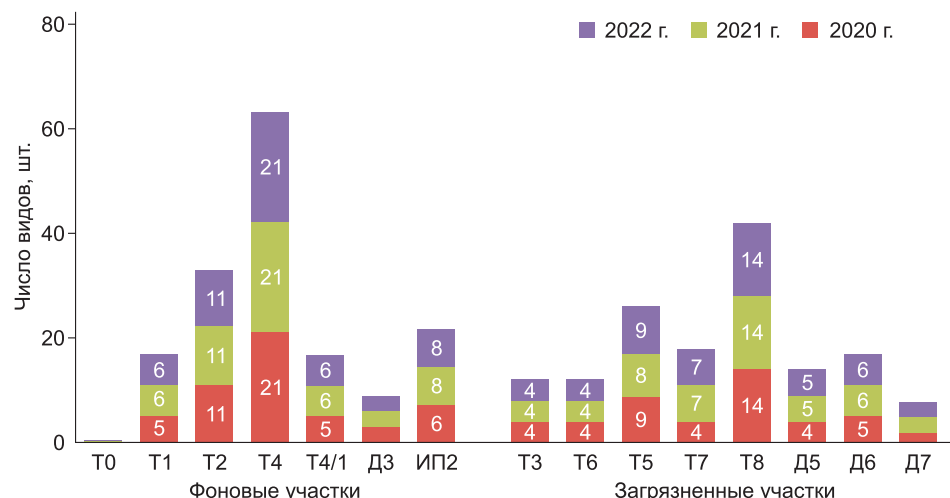


Рис. 3. Количество видов с проективным покрытием до 5 % (баллы по шкале Браун-Бланке r, +, 1)

Fig. 3. The quantity of species with projective coverage up to 5 % (points on the Braun-Blanquet J. scale r, +, 1)

Таблица 2

Динамика проективного покрытия доминантов растительного покрова

Table 2

The dynamics of dominant vegetation projective cover

Площадка геоботанического описания	Доминирующие виды*	Общее проективное покрытие ценозообразующих видов в годы наблюдений**		
		2020	2021	2022
Фоновые (условно фоновые) участки				
T0	<i>Carex aquatilis</i>	70 / 4	70 / 4	70 / 4
T1	<i>Salix recurvigemmis</i> , <i>Salix glauca</i> , <i>Salix saxatilis</i> , <i>Equisetum arvense</i>	50 / 3	50 / 3	50 / 3
T2	<i>Salix lanata</i>	70 / 4	70 / 4	70 / 4
T4	<i>Festuca rubra</i> , <i>Equisetum scirpoides</i>	25 / 26	25 / 26	25 / 26
T4/1	<i>Salix glauca</i> , <i>Salix dasyclados</i> , <i>Salix recurvigemmis</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i>	30 / 3	30 / 3	30 / 3
Д3	<i>Deschampsia sukatschewii</i>	50 / 3	25 / 26	25 / 26
ИП2	<i>Deschampsia sukatschewii</i> , <i>Carex aguatilis</i> subsp. <i>Stans</i> , <i>Poa alpirena</i> subsp. <i>colpodea</i> , <i>Carex juncella</i> , <i>Poa alpina</i>	90 / 5	70 / 4	70 / 4
Загрязненные участки				
T3	<i>Equisetum arvense</i> , <i>Carex aquatilis</i>	50 / 3	50 / 3	50 / 3
T6	<i>Salix lanata</i> , <i>Equisetum arvense</i>	10 / 2a	5 / 1	5 / 1
T5	<i>Equisetum arvense</i>	5 / 1	3 / 1	3 / 1
T7	<i>Salix viminalis</i> , <i>Salix lanata</i> , <i>Equisetum arvense</i> , <i>Calamagrostis neglecta</i>	65 / 4	60 / 4	60 / 4
T8	<i>Salix phycifolia</i> , <i>Salix lanata</i>	35 / 3	35 / 3	35 / 3
Д5	<i>Salix dasyclados</i>	7 / 2a	7 / 2a	7 / 2a
Д6	<i>Salix dasyclados</i>	10 / 2a	10 / 2a	10 / 2a
Д7	<i>Salix dasyclados</i>	6 / 2a	6 / 2a	6 / 2a

Примечания. * – виды с проективным покрытием более 5 %, при наличии нескольких видов упоминание – в порядке уменьшения проективного покрытия; ** – в числителе – %, в знаменателе – балл по шкале Браун-Бланке.

Notes. * – species with a projected coverage of more than 5 %; if there are several species, the mention is in descending order of projected coverage; ** – in the numerator – %, in the denominator – score on the Braun-Blanquet scale.

Фоновые участки



Загрязненные участки



Рис. 4. Проективное покрытие доминантов на фоновых (вверху) и загрязненных (внизу) участках

Fig. 4. Projective coverage of dominants in background (top) and polluted (bottom) areas

тоценозы, соответствующие локальным экологическим факторам. Данные обследования геоботанических площадок в 2021–2022 гг. выявили наличие изменений в их структуре. Для установления их вида: *флуктуация* (обратимые изменения, вызванные факторами абиотической, биотической и антропогенной природы и не приводящие к последовательной смене эдификаторов сообщества, к резким изменениям его видового состава, структуры и других особенностей) или *сукцессия* (смена одних растительных сообществ другими), проведен анализ изменения видового состава и доли участия растений в пойменных фитоценозах на фоновых (табл. 3) и загрязненных (табл. 4) участках.

В течение периода мониторинга из общего количества обследованных фитоценозов неизменные с 2020 г. состав и структура зафиксированы только в осоково-хвощовом сообществе (Т3). Во всех остальных фитоценозах происходили дина-

мические процессы, обусловленные действием природного фактора. Поэтому характер динамики растительности может быть оценен как флуктуация. На части участков изменения, зафиксированные в 2021 г., на следующий год не получили продолжения (Т0, Т4/1, Д3, ИП2); на остальных – флуктуация была или вновь зафиксирована (Т2, Т4), или продолжила развитие (Т1, Т6, Т5, Т7, Т8, Д5, Д6, Д7).

Процесс флуктуации был обусловлен появлением и исчезновением видов, а также изменением проективного покрытия как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения.

Показательна флуктуация, выявленная в сообществах на Т6 (злаково-хвощовое с ивой) и Т5 (ивово-хвощовое). Здесь в 2021 г. исчезли два вида растений – *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str. (в двух сообществах) и *Cerastium jenisejense* Hult. (на Т5). Оба вида исчезли с загрязненных участков и доми-

Динамика пойменных фитоценозов на фоновых участках

Table 3

The dynamics of floodplain phytocenoses in background areas

Наименование площадки геоботанического описания	Год исследования	Характер изменений состава и структуры фитоценоза				Вид динамики растительности
		Виды растений / Plant species				
		появившиеся	исчезнувшие	увеличившие % обилия	уменьшившие % обилия	
Ручей Надеждинский						
T0	2021	Нет	Нет	Нет	Нет	Первичная сукцессия
	2022	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
T1	2021	<i>Bistorta vivipara</i> (L.) S. F. Gray	Нет	<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.	Нет	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	Нет	Флуктуация
T2	2021	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
	2022	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Нет	Флуктуация
Река Далдыкан						
T4	2021	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
	2022	Нет	Нет	<i>Salix reticulata</i> L.	Нет	Флуктуация
T4/1	2021	<i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Scop.	Нет	Нет	Нет	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
Река Амбарная						
ДЗ	2021	Нет	Нет	Нет	<i>Deschampsia sukatschewii</i> (Popl.) Roshev. = <i>Deschampsia cespitosa</i> L. subsp. <i>orientalis</i> Hult.	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
Река Пяси́на						
ИП2	2021	<i>Comarum palustre</i> L. s. l.	Нет	<i>Carex juncella</i> (Fries) Th. Fries; <i>Carex saxatilis</i> L. subsp. <i>laxa</i> (Trautv.) Kalela	<i>Deschampsia sukatschewii</i> (Popl.) Roshev. = <i>Deschampsia cespitosa</i> L. subsp. <i>orientalis</i> Hult; <i>Poa alpigena</i> (Fr.) Lindm. s. l. (incl. var. <i>colpodea</i> (Th. Fries) Scholand.); <i>Poa alpina</i> L.	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений

Примечание. 2021 г. – по отношению к данным 2020 г.; 2022 г. – по отношению к данным 2021 г.

Note: 2021 – compared to 2020 data, 2022 – compared to 2021 data.

нантами они не являлись. И если на Т6 взамен исчезнувшего вида новые не появились, то на Т5 появился *Cerastium jenisejense* Hult.

Количество появившихся в 2021 г. видов (в сравнении с исчезнувшими) больше. На фоновых участках появились три вида: *Bistorta vivipara*

Таблица 4

Динамика пойменных фитоценозов на загрязненных участках

Table 4

The dynamics of floodplain plant phytocenoses in polluted areas

Площадка геоботанического описания	Год обследования	Характер изменений состава и структуры фитоценоза				Вид динамики растительности
		Виды растений				
		появившиеся	исчезнувшие	увеличившие % обилия	уменьшившие % обилия	
Ручей Надеждинский						
Т3	2021	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
	2022	Нет	Нет	Нет	Нет	Без изменений
Т6	2021	Нет	<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
Река Далдыкан						
Т5	2021	<i>Galium boreale</i> L.	<i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.; <i>Cerastium jenisejense</i> Hult.	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
	2022	<i>Cerastium jenisejense</i> Hult.	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
Т7	2021	<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. s. str.	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ; <i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.	Флуктуация
	2022	<i>Galium boreale</i> L.	<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. s. str.	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ; <i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str.	Флуктуация
Т8	2021	<i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
	2022	Нет	<i>Eriophorum scheuchzeri</i> Hoppe	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i>	Флуктуация
Река Амбарная						
Д5	2021	<i>Rumex arcticus</i> Trautv.	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ; <i>Juncus biglumis</i> L.	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ; <i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. s. str.	<i>Juncus biglumis</i> L.	Флуктуация

Площадка геоботанического описания	Год обследования	Характер изменений состава и структуры фитоценоза				Вид динамики растительности
		Виды растений				
		появившиеся	исчезнувшие	увеличившие % обилия	уменьшившие % обилия	
Д6	2021	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ;	Нет	Нет	Нет	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	<i>Equisetum arvense</i> L. subsp. <i>arvense</i> ; <i>Equisetum fluviatile</i> L.; <i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. s. str.	Нет	Флуктуация
Д7	2021	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	Нет	Нет	Нет	Флуктуация
	2022	Нет	Нет	<i>Equisetum fluviatile</i> L.	Нет	Флуктуация

Примечание. 2021 г. – по отношению к данным 2020 г.; 2022 г. – по отношению к данным 2021 г.

Note. 2021 – compared to 2020 data, 2022 – compared to 2021 data.

(Т1), *Chamerion angustifolium* (Т4/1), *Comarum palustre* (истоки Пясины 2); на загрязненных – шесть видов: *Galium boreale* (Т5), *Carex aquatilis* (Т7), *Eriophorum scheuchzeri* (Т8), *Rumex arcticus* (Д5), *Equisetum arvense* (Д6), *Equisetum fluviatile* (Д7).

В 2022 г. новые виды появились в Т5 (*Cerastium jenisejense* Hult.) и Т7 (*Galium boreale* L.), т. е. на участках, подвергавшихся загрязнению. На некоторых участках, где в 2021 г. отмечалось появление новых видов, в 2022 г. они не выявлены. Так из сообщества в Т7 исчезла *Carex aquatilis* Wahlenb. s. str., в точке 8 – *Eriophorum scheuchzeri* Норре. Оба участка находятся в зоне загрязнения.

Анализируя соотношение появившихся и исчезнувших видов, наблюдаемое в период мониторинга, констатируем, что оба процесса обусловлены комплексным действием и фактора загрязнения, и природного фактора (особенностей вегетационного периода). Улучшение экологических условий (снижение остаточной дозы загрязняющего вещества), возможный мелиоративный эффект низкой концентрации, а также влажный и прохладный вегетационный период 2021 г. явились причиной участия в составе появившихся видов представителей семейства Сургасеае. Виды из этого же семейства исчезли из состава флоры на двух точках обследования в 2022 г., когда вегетационный период характеризовался низкой влагообеспеченностью [34].

Исчезновение видов из состава сообществ обусловлено эффектом пролонгированного не-

гативного влияния нефтепродуктов. Исчезнувшие в период 2021–2022 гг. виды, в том числе и появившиеся в 2021 г. и исчезнувшие в 2022 г., отличались невысоким количественным участием в фитоценозах. Их обилие составляло не более 5 % (+, 1 – по шкале Браун-Бланке), загрязнение нефтепродуктами негативно повлияло на генеративную сферу: растения не плодоносили, следовательно, не могли дать потомство. Еще одной причиной исчезновения видов могло стать долгое затопление пойменной территории в районе дельты р. Амбарная (большинство загрязненных участков располагались именно там) в 2021 г. и позднее развитие растений после схода воды (в некоторых местах участки так и не вышли из-под нее), что привело к недоразвитию сообществ и потере части флористического разнообразия.

Поскольку условия существования растений в пойменных фитоценозах ограничиваются влиянием гидрологического фактора, большая часть растений адаптирована к развитию в таких условиях, разнородные изменения структуры фитоценозов происходят в основном из-за изменения соотношения как количества видов, так и их обилия в группах растений, по-разному реагирующих на изменение погодных условий. В частности, в 2021 г. и на фоновых, и на загрязненных участках произошло изменение доли участия в сообществах злаков и осок: злаки (Роасеае) уменьшили долю участия с 50–25 (3, 26 – по шкале Браун-Бланке) до 25–5 % (26, 1 – по шка-

ле Браун-Бланке), осоки (Cyperaceae) – увеличились с 5–25 (1, 26 – по шкале Браун-Бланке) до 12–50 % (2а, 3 – по шкале Браун-Бланке). В целом в этих сообществах смены доминирующих видов (доминантами являлись осоки) не произошло.

На изменение соотношения между видами этих семейств влияют погодные условия и обусловленный ими гидрологический режим рек. В относительно сухие и теплые вегетационные периоды наблюдается преимущество злаков, а в сырые и прохладные, наоборот, осок. Вегетационный период 2021 г. отличался некоторым увеличением обводненности (в том числе и за счет снеговых осадков предшествующей зимы) и пониженной, в сравнении с 2020 г. теплообеспеченностью. В 2022 г. вегетационный период отличался повышенной теплообеспеченностью и пониженной влагообеспеченностью. Поэтому уменьшение проективного покрытия таких влаголюбивых видов, как *Equisetum arvense* L. subsp. *arvense*, *Calamagrostis neglecta* (Ehrh.) Gaertn., Mey. et Scherb. s. str., *Juncus biglumis* L. закономерно. Увеличение проективного покрытия *Eriophorum vaginatum* L. (T1), *Equisetum arvense* L. subsp. *Arvense* (T2, Д5, Д6), *Salix reticulata* L. (T4), *Carex aquatilis* Wahlenb. s. str. (Д5, Д6), *Equisetum fluviatile* L. (Д7) наблюдается на более обводненных участках.

В целом отмечаем, что динамика растительного покрова в исследуемых фитоценозах происходит в результате либо изменения числа видов, включая их появление и исчезновение, либо изменения их количественного участия в фитоценозе. Флуктуации, которые произошли одновременно за счет появления-исчезновения видов и увеличения-уменьшения проективного покрытия, в 2021 г. наблюдались на семи участках (T1, T6, T5, T7, T8, Д5, ИП2), в 2022 г. – на трех (T5, T7, T8).

Отсутствие сукцессий растительных группировок свидетельствует о том, что остаточная доза НП не является летальной. Изученные характеристики фитоценозов указывают на факт максимального соответствия произрастающих видов условиям среды. Получение при дальнейших исследованиях дополнительной информации позволит с достаточным основанием оценить флуктуации по степени выраженности (скрытые, краткосрочные или дигрессионно-демутационные).

Заключение

Проведенное исследование не выявило решающего влияния остаточных доз нефтепродуктов

на динамику фитоценозов поймы. Структурные особенности пойменных фитоценозов, как связанные, так и не связанные с влиянием загрязнения почв НП, свидетельствуют о динамичности эдатопонов и в условиях Крайнего Севера. Прямыми и косвенными индикаторами явления являются:

- возможность выделения на сравнительно небольшой территории разных по видовому составу и структуре растительных группировок (на 15 пунктах геоботанических описаний выявлено 12 фитоценозов);

- различие количественных и качественных характеристик фитоценозов (видовое богатство, проективное покрытие и др.);

- наличие видов-эдификаторов экологических условий (поселение сабельника болотного при повышении обводнения, преобладание осок во влажных местообитаниях, мезофитов – при уменьшении обводнения);

- разногодичные изменения видового состава и видовой насыщенности в зависимости от принадлежности к определенной экологической группе (при большей влагообеспеченности вегетационного периода наблюдается преобладание гигрофильных растений, при меньшей – ксерофитных и мезофитных).

В течение периода мониторинга динамические процессы в составе и структуре сообществ происходили за счет появления и исчезновения видов, изменения проективного покрытия. По характеру динамики растительного покрова в 2021–2022 гг. преобладали флуктуации, т. е. выявленные изменения не привели к смене эдификаторов, резкому изменению видового состава.

Список литературы / References

1. Миркин Б.М. *Закономерности развития растительности речных пойм*. М.: Наука; 1974. 174 с.
Mirkin B.M. *Patterns of development of vegetation of river floodplains*. Moscow: Nauka; 1974. 174 p. (In Russ.)
2. Никонова А.Н. Трансформация пойменных экосистем дельты Печоры в зоне влияния Кумжинского газоконденсатного месторождения (Ненецкий автономный округ). *Известия РАН. Серия географическая*. 2015;5:117–129.
Nikonova A.N. Transformation of floodplain ecosystems of the Pechora delta in the zone of influence of the Kumzhinskoye gas condensate field (Nenets Autonomous Okrug). *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*. 2015;5:117–129. (In Russ.)
3. *Экосистемы речных пойм: структура, динамика, ресурсный потенциал, проблемы охраны*. Под ред. В.С. Залетаева. М.: РАСХН; 1997. 596 с.

Ecosystems of rivers' floodplains: structure, dynamics, resources potential. Ed. by Zaletaeva V.S. Moscow: RASHN Publ.; 1997. 596 p. (In Russ.)

4. Kretz L., Bondar-Kunze E., Hein T., et al. Vegetation characteristics control local sediment and nutrient retention on but not underneath vegetation in floodplain meadows. *PLOS ONE*. 2021;16(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0252694>

5. Sandi S.G., Saco P.M., Kuczera G., et al. Predicting floodplain inundation and vegetation dynamics in arid wetlands. *E3S Web of Conferences*. 2018;40:02019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184002019> River Flow 2018.

6. Bijlmakers J., Griffioen J., Karssenbergh D. Environmental drivers of spatio-temporal dynamics in floodplain vegetation: grasslands as habitat for megafauna in Bardia National Park (Nepal). *Biogeosciences*. 2023; 20:1113–1144. <https://doi.org/10.5194/bg-20-1113-2023>.

7. Юркевич Н.В., Ельцов И.Н., Гуреев В.Н. и др. Техногенное воздействие на окружающую среду в Российской Арктике на примере Норильского промышленного района. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. 2021; 332(12):230–249.

Yurkevich N.V., Eltsov I.N., Gureev V.N., et al. Technogenic effect on the environment in the Russian Arctic by the Example of the Norilsk industrial area. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2021;332(12):230–249. (In Russ.)

8. Loiko S., Klimova N., Kuzmina D., Pokrovsky O. Lake drainage in permafrost regions produces variable plant communities of high biomass and productivity. *Plants*. 2020;9(7):1–42. <https://doi.org/10.3390/plants9070867>.

9. Pokrovsky O.S., Manasypov R.M., Kopysov S.G., et al. Impact of permafrost thaw and climate warming on riverine export fluxes of carbon, nutrients and metals in Western Siberia. *Water (Switzerland)*. 2020;12(6):1–21. <https://doi.org/10.3390/w12061817>.

10. Базилевич Н.И. *Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии*. М.: Наука; 1993. 293 с.

Bazilevich N.I. *Biological productivity of ecosystems of Northern Eurasia*. Moscow: Nauka; 1993. 293 p. (In Russ.)

11. Liningera K.B., Wohl E. Floodplain dynamics in North American permafrost regions under a warming climate and implications for organic carbon stocks: A review and synthesis. *Earth-Science Reviews*. 2019;193:24–44. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.024>.

12. *Declaration on the protection of the arctic environment*. Rovaniemi, Finland/ June 14, 1991. Available at: http://library.arcticportal.org/1542/1/artic_environment.pdf.

13. Lifshits S., Glyaznetsova Yu., Erofeevskaya L., et al. Effect of oil pollution on the ecological condition of soils and bottom sediments of the arctic region (Yakutia). *Environmental Pollution*. 2021;288:117680. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117680>.

14. Глязнецова Ю.С., Немировская И.А. Аварийный разлив дизельного топлива в Норильске. *При-*

рода. 2022;1279(3):27–38. <https://doi.org/10.7868/S0032874X22030036>.

Glyaznetsova Yu.S., Nemirovskaya I.A. Accidental diesel fuel spill in Norilsk. *Природа*. 2022;1279(3):27–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.7868/S0032874X22030036>.

15. Захаров А.И., Захарова Л.Н., Митник Л.М. Мониторинг стабильности топливных резервуаров Норильской ТЭЦ-3 методами радарной интерферометрии. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020;17(5):281–285. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-5-281-285>.

Zakharov A.I., Zakharova L.N., Mitnik L.M. Monitoring the stability of fuel tanks at Norilsk CHPP-3 using radar interferometry methods. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2020;17(5):281–285. (In Russ.). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2020-17-5-281-285>.

16. Сазонов А.Д., Комаров Р.С., Передера О.С. Разлив нефтепродуктов в Норильске 29 мая 2020 года: предполагаемые причины и возможные экологические последствия. *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем*. 2020;1(5):173–177. <https://doi.org/10.23885/2500-395X-2020-1-5-173-177>.

Sazonov A.D., Komarov R.S., Peredera O.S. Oil product spill in Norilsk May 29, 2020: alleged reasons and possible environmental. *Ecology. Economy. Computer science. Series: System Analysis and Modeling of Economic and Ecological Systems*. 2020;1(5):173–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.23885/2500-395X-2020-1-5-173-177>.

17. Трошко К.А., Денисов П.В., Лаврова О.Ю. и др. Наблюдение загрязнений реки Амбарной, возникших в результате аварии на ТЭЦ-3 города Норильска 29 мая 2020 г. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2020;17(3):267–274.

Troshko K.A., Denisov P.V., Lavrova O.Yu., et al. Observation of the Ambarnaya River pollution resulting from the accident at the Norilsk Thermal Power Plant No. 3 on May 29, 2020. *Modern problems of remote sensing of the Earth from space*. 2020;17(3):267–274. (In Russ.)

18. Якуцени С.П., Соловьев И.А. Расчет ущерба окружающей среде в результате аварии на складе ГСМ в Норильске. *Географическая среда и живые системы*. 2020;4:48–56. <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2020-4-48-56>.

Yakutseny S.P., Solovyov I.A. Calculation of environmental damage as a result of an accident at a fuel depot in Norilsk. *Geographical Environment and Living Systems*. 2020;4:48–56. (In Russ.). <https://doi.org/10.18384/2712-7621-2020-4-48-56>.

19. Zhulidov A.V., Robarts R.D., Pavlov D.F., et al. Long-term changes of heavy metal and sulphur concentrations in ecosystems of the Taymyr Peninsula (Russian Federation) North of the Norilsk Industrial Complex. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2011;181(1–4): 539–553. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1848-y>.

20. Jonathan P.R., Lehmann L., Hession W.C. Quantifying the spatial variability of annual and seasonal changes in riverscape vegetation using drone laser scanning. *Drones*. 2021;5(3):91. <https://doi.org/10.3390/drones5030091>.
21. Раменский Л.Г. *Проблемы и методы изучения растительного покрова: Избранные работы*. Л.: Наука; 1971. 334 с.
- Ramensky L.G. *Problems and methods of studying the vegetation cover: Selected works*. Leningrad: Nauka; 1971. 334 p. (In Russ.)
22. Braun-Blanquet J. *Pflanzensoziologie, Grudzüge der Vegetationskunde*. 3rd ed. Wien–New York: Springer; 1964. 865 p.
23. Кучеров И.Б., Паянская И.И. Методы описания состояния растительности. В кн.: *Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения*. СПб.; 1995. С. 51–63.
- Kucherov I.B., Payanskaya I.I. Methods for describing the state of vegetation. In: *Anthropogenic dynamics of the vegetation cover of the Arctic and Subarctic: principles and methods of study*. St. Petersburg; 1995, pp. 51–63. (In Russ.)
24. *Флора Сибири* / Сост. И.М. Красноборов, М.Н. Ломоносова, Н.Н. Тупицина и др. В 14 т. Новосибирск: Наука; 1997.
- Flora of Siberia* / Comp. THEM. Krasnoborov, M.N. Lomonosov, N.N. Tupitsina, et al. In 14 volumes. Novosibirsk: Nauka; 1997. (In Russ.)
25. Секретарева Н.А. *Сосудистые растения Российской Арктики и сопредельных территорий*. М.: Товарищество научных изданий КМК; 2004. 131 с.
- Secretareva N.A. *Vascular plants of the Russian Arctic and adjacent territories*. Moscow: KMK Scientific Press Ltd.; 2004. 131 p. (In Russ.)
26. Миронычева-Токарева Н.П., Михайлова Е.В., Лада Н.Ю. Сукцессии растительности и динамика растительного вещества лугов Центрально-Тувинской котловины при подтоплении. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология*. 2014;10:64–72.
- Mironycheva-Tokareva N.P., Mikhailova E.V., Lada N.Yu. Plant successions and dynamics of plant material in the meadows of the Central Tuva Basin affected by underflooding. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Series Biologiya. Ecologiya*. 2014;10:64–72. (In Russ.)
27. Ребристая О.В., Хитун О.В. Особенности методики изучения смен растительности при линейных нарушениях и строительстве линейных сооружений / Методы выявления и изучения рядов депрессионных и восстановительных смен растительности под влиянием нарушений. В кн.: *Антропогенная динамика растительного покрова Арктики и Субарктики: принципы и методы изучения. Труды ботанического института им. В.Л. Комарова РАН*. СПб.; 1995. С. 91–96.
- Rebristaya O.V., Khitun O.V. Features of the methodology for studying vegetation changes during linear disturbances and the construction of linear structures / Methods for identifying and studying the rows of digressive and restorative vegetation changes under the influence of disturbances. In: *Anthropogenic dynamics of the vegetation cover of the Arctic and Subarctic: principles and methods of study. Proceedings of the Komarov Botanical Institute RAS*. St. Petersburg; 1995, pp. 91–96. (In Russ.)
28. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2006. 15 с.
- Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in soil. Hygienic standards GN 2.1.7.2041–06. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor; 2006. 15 p. (In Russ.)
29. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Доступно: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>
- Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated January 28, 2021 No. 2 “On approval of sanitary rules and norms SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors to humans.” Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (In Russ.)
30. Другов Ю.С., Родин А.А. *Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство*. 2-е изд., перераб. и доп. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2011. 469 с.
- Drugov Yu.S., Rodin A.A. *Contaminated Soil and Hazardous Waste Analysis: A Practical Guide*. 2nd ed., revised. and additional. Moscow: BINOM; 2011. 469 p. (In Russ.)
31. Постановление Правительства Красноярского края от 17.12.2021 № 902-п «Об утверждении региональных нормативов допустимого остаточного содержания нефти и продуктов ее трансформации в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на земельных участках, подверженных загрязнению в результате аварийного разлива нефти и нефтепродуктов, на территории Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района и г. Норильска». Доступно: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2400202112220013>
- Resolution Government of the Krasnoyarsk Territory dated December 17, 2021 No. 902-p “On approval of regional standards for the permissible residual content of oil and its transformation products in soils after reclamation and other restoration work on land plots susceptible to contamination as a result of an emergency spill of oil

and oil products in the territory of the Taimyr Dolgano-Nenets municipal district and the city of Norilsk". Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/2400202112220013> (In Russ.)

32. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «ФЛЮОРАТ-02». Доступно: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/2ca/4293799929.pdf>

PND F 16.1:2.21-98. Methodology for measuring the mass fraction of petroleum products in soil samples using the fluorimetric method using the "FLUORAT-02" liquid analyzer. Available at: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/2ca/4293799929.pdf> (In Russ.)

33. Быкова М.В. Проблема нормирования при оценке уровня загрязнения почв нефтепродуктами. *Вестник Евразийской науки*, 2019; 11 (6). Доступно: <https://esj.today/PDF/83NZVN619.pdf>

Bykova M.V. The problem of rationing in assessing the level of soil pollution with oil products. *The Eurasian Scientific Journal*, 2019; 11 (6). Available at: <https://esj.today/PDF/83NZVN619.pdf> (In Russ.)

34. Расписание погоды [rp5.ru]; 2023 [обновлено 01 июля 2023; процитировано 20 июля 2023]. Доступно: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Норильске.

Weather schedule [rp5.ru]; 2023 [updated 01 July 2023; cited 20 July 2023]. Available at: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Норильске. (In Russ.)

Об авторах

ТУРЧИНА Татьяна Анатольевна, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, <https://orcid.org/0000-0001-9287-7544>, ResearcherID: AAT-8537-2020, Scopus Author ID: 57039211000, e-mail: tatturchina@mail.ru

ЯНЧЕНКО Зоя Анатольевна, кандидат биологических наук, директор, <https://orcid.org/0000-0003-2534-4814>, e-mail: norilskniiks@mail.ru

Вклад авторов

Турчина Т.А. – разработка концепции, методология, проведение исследований, проведение статистического анализа, визуализация данных, создание черновика рукописи, редактирование рукописи; **Янченко З.А.** – руководство исследованием, проведение исследований, верификация, ресурсное обеспечение исследования, администрирование данных, редактирование рукописи

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

About the authors

TURCHINA, Tatiana Anatol'evna, Dr. Sci. (Agr.), Senior Researcher, Chief Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-9287-7544>, Researcher ID: AAT-8537-2020, Scopus Author ID: 57039211000, e-mail: tatturchina@mail.ru

YANCHENKO, Zoya Anatol'evna, Cand. Sci. (Biol.), Director, <https://orcid.org/0000-0003-2534-4814>, e-mail: norilskniiks@mail.ru

Authors' contribution

Turchina T.A. – conceptualization, methodology, investigation, formal analysis, visualization, writing – original draft, writing – review & editing; **Yanchenko Z.A.** – supervision, investigation, validation, resources, data curation, writing – review & editing

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию / Submitted 10.10.2023

Поступила после рецензирования / Revised 17.07.2024

Принята к публикации / Accepted 26.09.2024