

**ЕСТЕСТВЕННАЯ И АНТРОПОГЕННАЯ ДИНАМИКА МЕРЗЛОТНЫХ
ПОЧВ В РАЙОНАХ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ
ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

NATURAL AND ANTHROPOGENIC DYNAMICS OF PERMAFROST SOILS
IN THE AREAS OF OIL AND GAS PRODUCTION IN YAMALO-NENETS
AUTONOMOUS OKRUG

Н. Л. Мамаева, С. А. Петров

N. L. Mamaeva, S. A. Petrov

Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень

Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень

Ключевые слова: *антропогенное загрязнение; нефтегазодобыча; многолетнемерзлые породы; криогенные процессы; геоэкология*

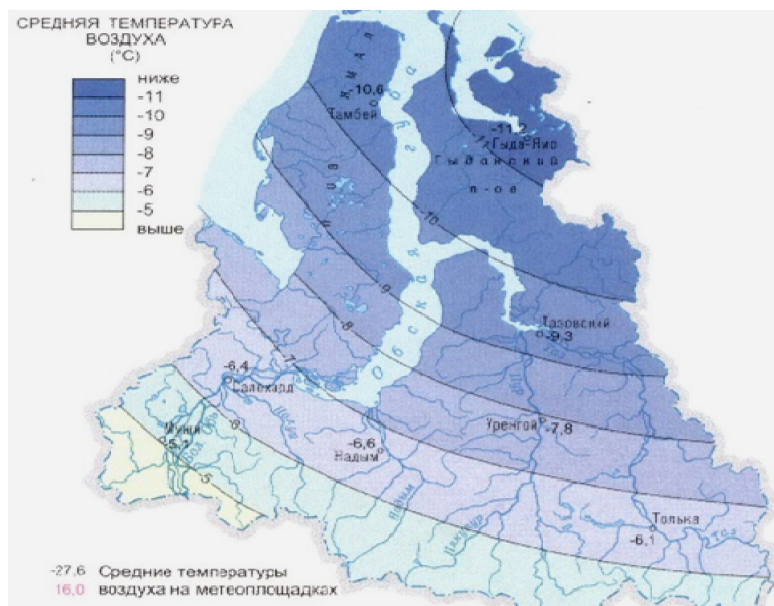
Key words: *anthropogenic pollution; oil and gas production; permafrost rocks; cryogenic processes; geoecology*

Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) является одним из ведущих нефтегазодобывающих регионов России и занимает одно из первых мест по своему ресурсному нефтегазовому потенциалу. Нефтегазовый комплекс северных территорий является сегодня и будет оставаться продолжительное время основой социально-экономического развития страны. В то же время объекты нефтегазодобычи оказывают разнообразное возрастающее воздействие на природные комплексы и являются одной из основных причин нарушения экологического равновесия в биосфере [1].

На территориях нефтегазопромыслов естественные ландшафты преобразованы в природно-техногенные комплексы, где обнаруживаются глубокие, часто необратимые изменения. Причинами этих изменений становятся загрязнения природной среды в результате разливов нефти и межпластовых вод, выбросов сероводородсодержащих газов в атмосферу, воздействия нефтегазового производства на геологическую среду при бурении скважин, проведение сопутствующих земляных, строительно-монтажных, укладочных работ, движение транспортной и строительной техники. Постоянным фактором ухудшения состояния природных комплексов с развитой сетью добычи углеводородов являются многочисленные аварии на трубопроводном транспорте [2].

По сведениям, предоставленным Управлением Росприроднадзора по ЯНАО, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа нарушено 11426,3655 га земель. Основной объем нарушений почвенного покрова приходится на разработку месторождений полезных ископаемых и составляет 8100,207794 га (70,89 %), при строительных работах нарушено 2851,0473 га земель (24,95 %). Нарушение земель зафиксировано также вследствие утечки при транзите нефти, газа, продуктов пере-

Детальные исследования ММП проводились в районе Центральной геокриологической зоны, которая занимает огромную площадь и протягивается от Северного полярного круга до широтного Приобья. Эта зона совместного распространения ММП и СТС. Климат Центральной зоны континентальный – умеренно суровая, многоснежная зима (со средней температурой января от -20 до -29 $^{\circ}\text{C}$) и сравнительно теплое и влажное лето. Среднегодовые температуры воздуха на севере $-8...-9$ $^{\circ}\text{C}$, вблизи южной границы зоны около $-2...-3$ $^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Амплитуды среднемесячных температур воздуха изменяются от 36 $^{\circ}\text{C}$ на западе до 43 $^{\circ}\text{C}$ на востоке. Осадков выпадает в среднем $450-550$ мм в год (рис. 2). Максимальные мощности снежного покрова отмечены в восточных районах, где зимой наблюдается оживленная циклоническая деятельность (рис. 3).



No 6, 2015

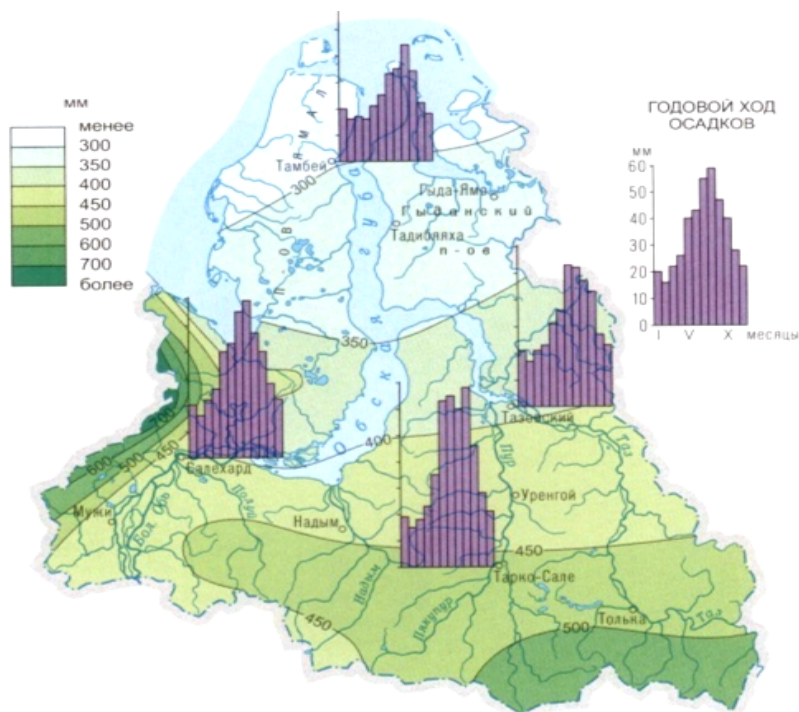


Рис. 2. Среднегодовое количество осадков в Центральной геокриологической зоне [6]

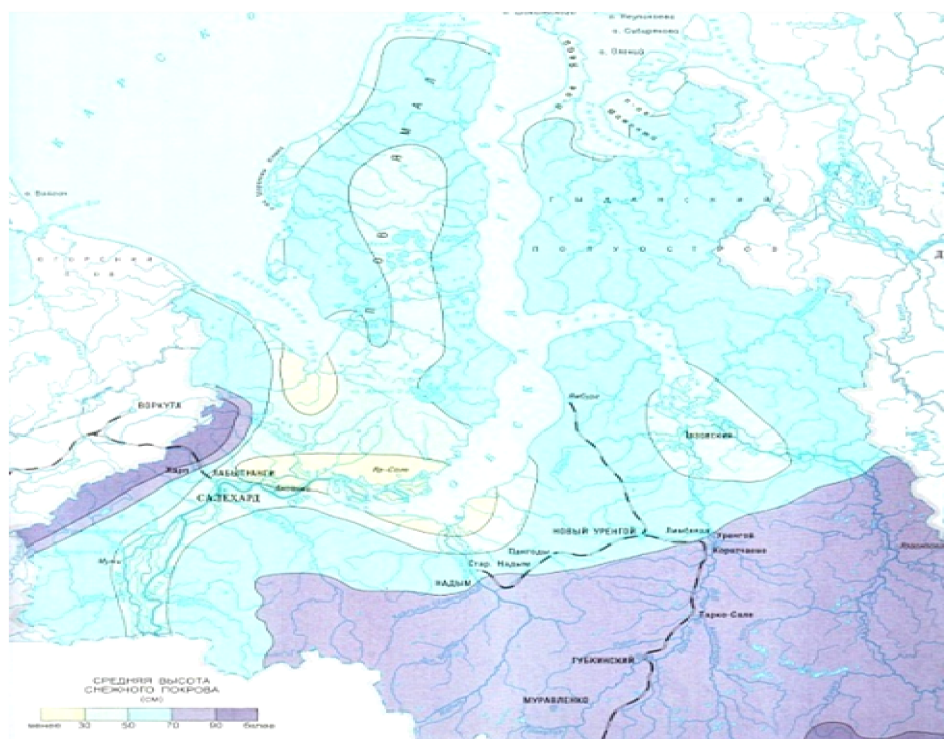


Рис. 3. Средняя высота снежного покрова в Центральной геокриологической зоне [6]

В Центральной геокриологической зоне исследованы две площадки, одна из которых естественная (подзол иллювиально-железистый тип почвы); другая — нарушенная (торфянисто-подзолистый глеевый тип почвы). Химические показатели ненарушенных и нарушенных мерзлотных почв Центральной геокриологической зоны представлены в таблице [7].

*Химические показатели ненарушенных и нарушенных мерзлотных почв
Центральной геокриологической зоны*

Почва	Горизонт	Глубина, см	pH		Нг	Ca	Mg	Ca+ Mg	ЕКО	СНО
			H ₂ O	KCl						
Подзол иллювиально- железистый	O	0–1	5,0	3,3	47,0	2,5	6,1	8,6	55,6	15,4
	T1	1–3	4,2	2,6	105,6	3,3	3,7	6,9	112,5	6,2
	T2	3–6	4,8	3,4	105,6	1,0	2,9	3,9	109,5	3,6
	E	6–10	5,7	4,4	4,7	0,6	0,6	1,2	5,9	20,7
Торфянисто- подзолистая глеевая	O	0–1	4,6	3,7	48,1	3,3	3,7	6,9	55,0	12,6
	T1	1–10	4,2	2,7	132,3	1,3	4,2	5,6	137,8	4,0
	T2	10–24	5,4	3,9	65,9	1,2	2,0	3,3	69,2	4,7
	B1	24–30	5,8	4,4	3,8	0,4	1,2	1,6	5,4	30,1

Примечание. Горизонт: О — олес, опад, подстилка; Т — органогенный; Е — минеральный; В — иллювиальный (накопление глины). Нг — гидролитическая кислотность; ЕКО — емкость катионного обмена; СНО — степень насыщенности основаниями.

Важным является наличие взаимосвязей между среднемесячной температурой воздуха, среднемесячной суммой осадков, весовой влажностью и мощностью СТС. Для выполнения данной задачи проведен корреляционный анализ среднемесячной температуры воздуха за 32 года и весовой влажности СТС, измерения которой проводились в августе, естественной (ненарушенной) площадки Центральной геокриологической зоны на различных глубинах подзола иллювиально-железистого.

При этом достоверные корреляционные взаимосвязи между анализируемыми параметрами на глубине 0,1 м были установлены только в весенне-осенний период года и носили обратно пропорциональный характер. В июле и ноябре данные взаимосвязи имели прямо пропорциональный характер с высоким коэффициентом корреляции ($KK = 0,999$; $p < 0,001$ и $KK = 0,899$; $p < 0,05$ соответственно). Характер данных корреляционных взаимосвязей рассматриваемой почвы меняется на различной глубине. Это выражается в уменьшении количества корреляционных взаимосвязей между среднемесячной температурой воздуха и весовой влажностью СТС; появление взаимосвязей в зимний период года с высоким коэффициентом корреляции ($KK > 0,7$).

Особое внимание следует уделить факту, что на глубине почвы 0,6 м корреляционные взаимосвязи исчезают, затем на глубине почвы 0,7 м вновь появляются как прямые, так и обратные, в осенне-весенний периоды года. На глубине почвы 0,85 м корреляционные взаимосвязи вновь исчезают.

Скорее всего это связано с разнонаправленным характером передвижения влаги в почвенном профиле (поступлением влаги в почву из внешней среды и ее физическим испарением) в годовом и сезонном циклах. Эти разнонаправленные процессы уравниваются в анализируемой Центральной геокриологической зоне на глубине 0,6–0,65 м. Потеря корреляционных взаимосвязей на глубине почвы 0,85 м, очевидно, связана с тем, что в теплый период года в результате оттаивания

почв над мерзлотой, которая является водоупором, препятствующим вертикальной фильтрации воды, дренированности территории, образуется надмерзлотная верховодка.

В связи с активной разработкой нефтегазовых месторождений северных территорий при строительстве линейных сооружений (нефтегазопровода) появились нарушенные почвы. Поэтому следующим этапом исследований явилось изучение корреляционных взаимосвязей между среднемесячной температурой воздуха и весовой влажностью СТС на различной глубине нарушенной торфянисто-подзолистой глеевой почвы.

При этом достоверные корреляционные взаимосвязи были установлены между среднемесячной температурой воздуха в зимний период года и весовой влажностью СТС, которые носили прямо пропорциональный характер с высоким коэффициентом корреляции. Характер корреляционных взаимосвязей между среднемесячной температурой воздуха в весенне-осенний периоды года и анализируемой характеристикой почв был обратно пропорциональный, за исключением марта и июля. Коэффициент корреляции также остается высоким. При этом на глубинах 0,6 и 0,85 м корреляционные взаимосвязи не исчезают в отличие от естественных почв. Другая особенность, отличающая данный тип почвы заключается в том, что корреляционные взаимосвязи прослеживаются до глубины 1,1 м. Наличие корреляционных взаимосвязей на глубине более 0,85 м в нарушенных почвах свидетельствует о том, что протаивание ММП происходит на большую глубину, чем в естественных почвах.

При анализе среднемесячной суммы осадков и весовой влажности СТС естественной площадки на глубине 0,1 м были также установлены корреляционные взаимосвязи. Так обнаружены взаимосвязи между среднемесячной суммой осадков и весовой влажностью СТС вне зависимости от времени года. Характер данных корреляционных взаимосвязей был прямо пропорциональный с высоким коэффициентом корреляции, который менялся в зависимости от глубины почвенного горизонта. Это выражается в исчезновении корреляционных взаимосвязей между среднемесячной суммой осадков и весовой влажностью СТС в январе и феврале, начиная с глубины 0,2 м.

При рассмотрении корреляционных взаимосвязей между аналогичными характеристиками на нарушенной площадке выявлена принципиально иная ситуация. Во-первых, корреляционные взаимосвязи между среднемесячной суммой осадков и весовой влажностью СТС на всех рассматриваемых глубинах были обнаружены в те месяцы, в которых не наблюдалось корреляции на естественных почвах; во-вторых, количество корреляционных взаимосвязей на нарушенной площадке было больше по сравнению с естественной почвой; в-третьих, корреляционные взаимосвязи не исчезают на глубине 0,6 м; в-четвертых, количество корреляционных взаимосвязей между анализируемыми параметрами прослеживаются до глубины 1,1 м в отличие от естественной площадки (рис. 2).

Среднемесячная сумма осадков оказывает влияние на весовую влажность СТС как естественных, так и нарушенных почв. Антропогенный фактор также вносит свои коррективы, нарушая характер естественных природных процессов передвижения влаги в почве, что влечет изменение геоэкологических параметров ММП, что, в свою очередь, сопровождается развитием криогенных процессов.

Одной из главных геоэкологических характеристик является также мощность СТС. Поэтому были проведены корреляционные взаимосвязи между среднемесячной температурой воздуха, а также среднемесячной суммой осадков и мощностью СТС мерзлотных почв. При этом не были установлены корреляционные взаимосвязи между среднемесячной температурой воздуха и мощностью СТС в сентябре (именно тогда проводились замеры). Но были обнаружены корреляционные взаимосвязи между мощностью СТС и среднемесячной суммой осадков в апреле ($KK = -0,864$; $p < 0,05$) и в августе ($KK = 0,835$; $p < 0,05$).

Таким образом, нами были установлены корреляционные взаимосвязи между среднемесячной температурой воздуха, среднемесячной суммой осадков, весовой

влажностью и мощностью СТС на различных глубинах мерзлотных почв Центральной геокриологической зоны. Эти данные свидетельствуют о влиянии антропогенного фактора на естественный ход развития геологической среды, что приводит к значительным изменениям многих ее компонентов, а именно о различном характере водно-физических свойств естественных и нарушенных мерзлотных почв. Этот факт подтверждает имеющиеся в литературе сведения о низкой устойчивости ландшафтов на ММП к техногенным вмешательствам [1, 6], что, в свою очередь, сопровождается криогенными процессами и может оказывать неблагоприятное влияние на биосферу Крайнего Севера. Глобальное потепление климата и активизация сопряженных с ним опасных природных процессов делает необходимым проведение специальных мероприятий, направленных на восстановление экосистем и их рациональное природопользование.

Список литературы

1. Зотова Л. И., Дедюсова С. Ю. Оценка кризисных экологических ситуаций в осваиваемых районах криолитозоны Тюменского Севера / Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Том 3: Статьи на русском языке / Под ред. В. П. Мельникова. – Тюмень, Россия: Печатник, 2012. – С. 193-198.
2. Мамаева Н. Л., Квашнина С. И. Проблемы экологии в нефтегазовой отрасли на Тюменском Севере // Известия вузов. Нефть и газ. – 2011. – № 5. – С. 123-125.
3. Доклад «Об экологической ситуации в Ямало-Ненецком автономном округе в 2012 г.». – Салехард, 2013. – 232 с.
4. Лупачев А. В., Калинин П. И., Ветрова А. А., Овчинникова А. А. Почвы Антарктиды в районах расположения российских научных станций: эффекты антропогенного воздействия и возможности ремедиации / Десятая Международная конференция по мерзлотоведению (TICOP): Ресурсы и риски регионов с вечной мерзлотой в меняющемся мире. Том 5: Расширенные тезисы на русском языке. – Тюмень, Россия: Печатник, 2012. – С. 185-186.
5. Мамаева Н. Л., Квашнина С. И., Петров С. А. Влияние экологических и климатических факторов на криолитозону Западной Сибири // Известия вузов. Нефть и газ. – 2011. – № 4. – С. 119-122.
6. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / Гл. редактор С. И. Ларин. Администрация ЯНАО г. Салехард, ТГУ Эколого-географический факультет. – Тюмень: Омская картографическая фабрика, 2004. – 304 с.
7. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции / Под ред. Н. Г. Москаленко. – Институт криосферы Земли СО РАН, 2006. – 357 с.

Сведения об авторах

Мамаева Наталья Леонидовна, старший научный сотрудник отдела «Биоресурсы криосферы» Тюменского научного центра СО РАН; ассистент кафедры «Техносферная безопасность», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89048759309, e-mail: mamaeva.natali2011@mail.ru

Петров Сергей Анатольевич, д. м. н., профессор, руководитель отдела «Биоресурсы криосферы» Тюменского научного центра СО РАН; директор НИИ «Общей и прикладной криологии», Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень, тел. 89058202363, e-mail: tumiki@mail.ru

Information about the authors

Mamaeva N. L., senior scientific worker of the department «Bioresources of cryosphere», Tyumen Research Center of SB RAS, assistant of the chair «Technosphere safety», Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89048759309, e-mail: mamaeva.natali2011@mail.ru

Petrov S. A., Doctor of Mineralogy, professor, head of the department «Bioresources of cryosphere», Tyumen Research Center of SB RAS; director of the Research Institute of general and applied cryology, Tyumen State Oil and Gas University, phone: 89058202363, e-mail: tumiki@mail.ru