

## СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЯНАО: РАЗНООБРАЗИЕ, МОРФОЛОГИЯ, ХИМИЗМ И АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

*Изучены почвы Ямало-Ненецкого автономного округа. Выявлено существенное морфологическое и ландшафтное разнообразие почв. Установлены географические закономерности формирования почвенного покрова. Выявлены уровни загрязнения почв приоритетными органическими и неорганическими токсикантами. Проведена оценка запасов органического углерода и азота почвами разных природных зон.*

**Ключевые слова:** почвы, почвенный покров, химическое состояние.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 16-34-60010 РФФИ мола-дк, Гранта Президента РФ для молодых докторов наук № МД-3615.2015.4 и при содействии МЭЦ «Арктика» при правительстве Ямало-Ненецкого автономного округа.

Почвенный покров Севера требует пристального внимания в условиях возрастающих геополитических и экологических рисков. Особый интерес в изучении природы Арктики представляет Ямало-Ненецкий автономный округ, где осуществляются чрезвычайно масштабные и в различной степени наукоемкие программы освоения природной среды и месторождений полезных ископаемых. Освоение новых месторождений газа коснется как уже в существенной степени освоенного полуострова Ямал, так и во многом сохранившего свои природные экосистемы полуострова Гыдан. Промышленное и ресурсодобывающее освоение территорий требует внедрения элементов экологизированного менеджмента в процессы природопользования. В связи с этим крайне актуальной становится проблема оценки природного био- и педоразнообразия в участках, подверженных антропогенным рискам, и в участках, где предполагается сохранение (вероятностное и целенаправленное) референс-ландшафтов, компоненты сред которых будут использоваться в будущем для экологического и биогеохимического мониторинга.

Почвы Ямальского региона изучены недостаточно [Васильевская, 1980; Алексеев и др., 2015; Ejaque, Abakimov, 2016], что с учетом масштабности и протяженности региона делает почвенно-экологические, почвенно-химические и почвенно-таксономические исследования особенно актуальными. Инвариантное разнообразие и пространственная динамика факторов почвообразования приводит к тому, что почвообразовательный потенциал среды выражается в формировании десятков типов почв. На полуостровах Ямал и Гыдан почвы представлены преимуще-

ственно глееземами, криоземами, торфяно-глееземами. Это связано с повышенной гидроморфностью ландшафтов и преобладанием относительно выровненных форм рельефа. В тех случаях, когда рельеф достаточно расчленен, на дренированных склонах и примыкающих к ним плакорах формируются криоземы. В долинах и ложбинах появляются стратоземы. По берегам Оби нередки криоземы и криоглееземы с вложенными профилями альфегумусовых почв, что связано с облегчением гранулометрического состава верхнего слоя, обусловленного эоловым фактором. Также тип альфегумусовых почв широко представлен в случае выхода песчаных и супесчаных отложений на поверхность, что распространено в окрестностях гг. Салехард и Лабытнанги. Кстати, к этим ареалам приурочены ареалы агрогенных почв, используемых местным населением для выращивания сельхозпродукции. Также широко распространены альфегумусовые почвы на склонах Полярного Урала, где они представлены преимущественно подбурами, реже встречаются подзолы. Лайды представлены в основном торфяными почвами и торфяно-глееземами. Эти почвы занимают обширные речные долины и понижения. Лесотундровая часть ЯНАО представлена в основном альфегумусовыми почвами и криоземами оглеенными. В южной части округа распространены сочетания альфегумусовых и торфяных почв, текстурно-дифференцированные почвы здесь, как и в других регионах ЯНАО, редки. Южнее Салехарда нередки образования гидролакколитов, перекрытые торфяной толщей органогенного материала.

Количественная оценка встречаемости горизонтов по почвенным профилям показала следующую

картину. Среди поверхностных горизонтов преобладают подстилочно-торфяные (О) и торфяные олиготрофные (ТО) горизонты, что говорит о частой смене автоморфных условий рельефа гидроморфными условиями. Элювиальные горизонты для изученных почв не характерны (лишь единично встречается подзолистый (Е) горизонт). Серединные горизонты также встречаются редко и представлены преимущественно иллювиально-железистым альфегумсовым (BF) горизонтом, а также криогенным (CR) горизонтом. Одной из характерных черт изученных почв является частая встречаемость глеевых горизонтов с признаками переменных окислительно-восстановительных условий.

Мощность деятельного слоя почв, установленная по данным вертикального электрического зондирования составляет от 30 см на севере полуострова Гыдан до 300 см на юге ЯНАО, где распространена островная мерзлота. В среднем же на большей части протяженности полуостровов Ямал и Гыдан мощность деятельного слоя составляет 70–120 см. В этих условиях наряду с криогенными процессами существенную роль играют процессы гидроморфной трансформации минеральной части почв.

В ходе исследований было установлено, что по некоторым элементам практически во всех проанализированных пробах почв (как природных, так и городских) наблюдается превышение уровней ПДК. К этим элементам относятся мышьяк (As), никель (Ni) и

кобальт (Co). Это может свидетельствовать о высоких фоновых концентрациях данных элементов в почвах данного региона, особенно в случае природных почв. При этом стоит отметить, что наиболее значительные превышения уровней ПДК отмечаются в пробах, отобранных в населенных пунктах (табл. 1). Концентрации остальных элементов, определяемых в ходе исследования (Cu, Zn, Pb, Sr), превышают уровни ПДК и ОДК лишь в некоторых случаях.

Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами в исследуемых районах ЯНАО оценивался с помощью суммарного показателя загрязнения почв ( $Z_c$ ), учитывающего средние геометрические значения коэффициентов концентрации ( $K_{ki}$ ). Учет средних геометрических значений  $K_{ki}$  при наличии небольшого числа максимальных величин позволяет получить более адекватное значение  $Z_c$  по сравнению с обычной формулой, учитывающей среднеарифметические значения  $K_{ki}$  [Водяницкий, 2008].

Для расчета  $K_{ki}$  использовались данные по среднему содержанию тяжелых металлов в природных почвах о. Белый, полученные нами ранее [Томашунас, Абакумов, 2014].

Установлено, что большинство почвенных образцов относится к категории низкого уровня загрязнения ( $0 < Z_c < 16$ ). Лишь для некоторых проб идентифицирован средний уровень загрязнения ( $16 < Z_c < 32$ ). Эти пробы отобраны только в условиях населенных пунктов.

Таблица 1

Среднее содержание тяжелых металлов и нефтепродуктов в почвах населенных пунктов, ЯНАО

	Харсаим (n = 4) Mean ± SD	Аксарка (n = 4) Mean ± SD	Салехард (n = 4) Mean ± SD	Харп (n = 5) Mean ± SD	Лабытнанги (n = 6) Mean ± SD	ПДК (ОДК), мг/кг
Cu	5,42 ± 4,53	6,10 ± 2,21	6,97 ± 0,50	68,00 ± 23,50	8,22 ± 2,04	33,00
Pb	4,65 ± 2,71	7,90 ± 2,83 <sup>e</sup>	7,67 ± 1,43	5,78 ± 2,97	7,30 ± 1,04	32,00
Cd	0,19 ± 0,14	0,18 ± 0,03	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,14	0,18 ± 0,05	0,50
Zn	16,27 ± 12,38 <sup>e</sup>	17,65 ± 5,52	24,00 ± 2,94	49,00 ± 4,30	24,16 ± 5,15	55,00
Ni	9,35 ± 6,07	12,32 ± 2,95	9,75 ± 0,96	31,40 ± 11,35 <sup>e</sup>	13,00 ± 3,41	20,00
As	1,95 ± 1,46	2,45 ± 0,33	3,07 ± 0,22	2,38 ± 1,97	3,02 ± 0,55	2,00
Hg	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,004	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,02	2,1
НП	5,37 ± 1,05 <sup>e</sup>	10,27 ± 5,65	15,75 ± 10,68	29,20 ± 24,70	9,05 ± 5,70	<1000,00

Загрязнение почв ЯНАО нефтепродуктами носит локальный характер и приурочено к объектам нефтяной промышленности (кустовые сооружения, хранилища, перевалочные пункты, портовые зоны, линейные объекты транспортной инфраструктуры) и населенным пунктам.

Большинство изученных почв характеризуются неоднородным профильным распределением гумуса в вертикальном масштабе, то же касается профильного распределения азота и отношения углеро-

да к азоту. Это свидетельствует о существенной роли криогенного массообмена в формировании частных профилей химического состава почв.

Почвы ЯНАО выполняют важную функцию, связанную с экосистемной услугой депонирования соединений органического углерода в почве. Наши исследования показали, что величины запасов органического углерода в главных типах ямальских почв сопоставимы с таковыми в таежно-лесной зоне (рис. 1, 2).

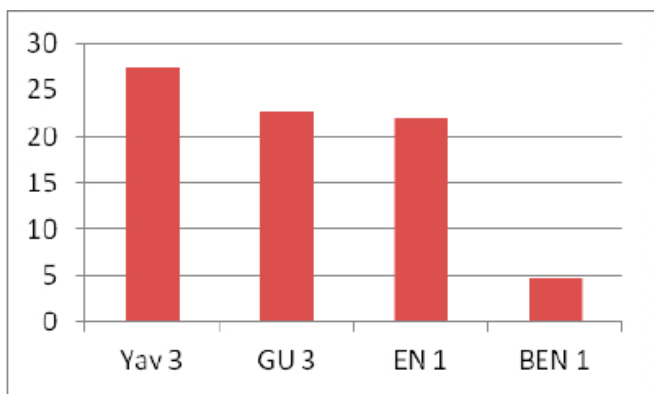


Рис. 1. Запас углерода органических соединений ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) в деятельном слое почв (полуостров Явай, Гыданский Юрибей, Енисейский залив, о-в Белый)

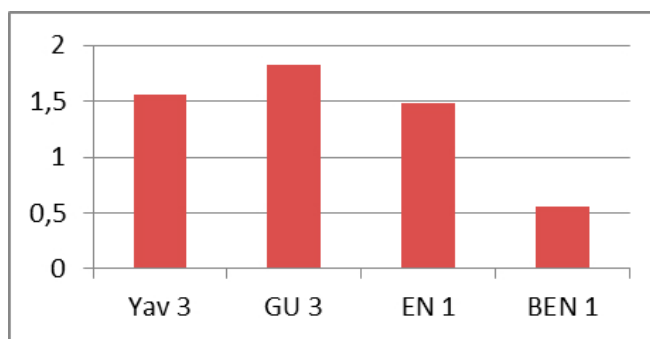


Рис. 2. Общего азота ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ) в деятельном слое почв (полуостров Явай, Гыданский Юрибей, Енисейский залив, о-в Белый)

Особый интерес представляют данные о содержании азота, а точнее о его содержании по отношению к углероду. Ранее, в обзорных работах, указывалось, что многие исследователи для расчета запаса азота берут отношение углерода к азоту равным 30 единицам, что слишком пессимистично и с нашей точки зрения приводит к недооценке запасов азота в мерзлотных почвах [Zubrzycki et al., 2013]. Наши исследования показывают, что почвы п-ова Гыдан характеризуются повышенным содержанием общего азота, что приводит к снижению отношения углерода к азоту, которое и в слаботрансформированных подстилках не достигает 30 единиц. Это свидетельствует о том, что запасы азота в почвах ЯНАО не должны оцениваться расчетным способом, а должны определяться на основании аналитических данных. Полученные данные свидетельствуют о том, что почвы п-ва Гыдан отличаются высокими запасами углерода и особенно высокими запасами азота, если сравнивать с модельными данными или «общеизвестными» сведениями о величинах отношения C/N в этих почвах. По параметрам азотно-углеродного цикла почвы даже северных частей п-ова Гыдан вполне сравнимы с почвами северной тайги. Это приводит нас к одному важному выводу: существенную степень стабилизации органического вещества изученных почв следует оценить в будущем при помощи инструментальных молекулярных методов.

Повесткой дня в работе группы является исследование загрязнения почв Надымского района ЯНАО. В ходе текущей экспедиции (Ямал – Арктика – 2016) был намечен план организации мониторинга состояния природных ландшафтов в зоне воздействия действующих объектов нефтегазовой промышленности, изучена морфология почв Надымского района. Важной особенностью почвенного покрова изучаемого района является островной характер развития многолетне-

мерзлых пород, что находит отражение в широко распространенных на данной территории положительно замкнутых формах криогенного рельефа — пинго (гидролаколит, он же булгуннях), бугров пучения, имеющих в основании ледяное ядро инъекционно-сегрегационного механизма образования. Тело пинго выше ядра сложено мерзлыми торфами, как правило, верхового и переходного типов, на которых формируются торфяные олиготрофно-мезотрофные почвы с мощностью деятельного слоя до 1,5 м. В сочетании с положительными формами рельефа значительное распространение также имеют грядово-мочажинно-озерцовые комплексы термокарстового происхождения, массивы переходных и верховых болот, а также морские и водно-ледниковые песчаные равнины, на которых формируются почвы из отделов слаборазвитых и альфегумусовых почв. Еще одной особенностью исследуемого района является локальное распространение положительных, предположительно водно-ледниковых форм рельефа — надымских сопок, вероятно представляющих собой камовые холмы, образовавшиеся в результате аккумуляционной способности талых потоков в теле глыб мертвого льда в период деградации покровного ледника. Тела сопок сложены косослоистыми сортированными песками с примесью гравия, на которых формируются типичные иллювиально-железистые подзолы под хвойными лиственничными лесами. Высокая литолого-геоморфологическая неоднородность территории в сочетании с суровыми климатическими условиями определяют особый характер геохимических потоков вещества в местных ландшафтах.

Таким образом, почвы ЯНАО остаются недоисследованными во многих аспектах и их дальнейшее изучение является стратегически важным для обеспечения экологической безопасности этого крупнейшего региона страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Томашунас В.М. Катенарная дифференциация почв предгорий Полярного Урала на примере участка в районе р. Халяталбей (приток р. Щучья) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24, № 4. С. 146–149.

Васильевская В.Д. Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М.: Наука, 1980.

Ejarque E., Abakumov E. Stability and biodegradability of organic matter from Arctic soils of Western Siberia:

insights from <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy and elemental analysis // Solid Earth. 2016. 7. P. 153–165, — URL: [www.solid-earth.net/7/153/2016/](http://www.solid-earth.net/7/153/2016/) doi: 10.5194/se-7-153-2016.

Zubrzycki S., Kutzbach L., Grosse G., Desyatkin A. and Pfeiffer E.-M. Organic carbon and total nitrogen stocks in soils of the Lena River Delta // Biogeosciences. 2013. 10. P. 3507–3524, doi: 10.5194/bg-10-3507-2013.

THE STATE OF SOIL COVER  
OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT:  
DIVERSITY, MORPHOLOGY, CHEMISTRY  
AND ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION

---

*Soils of the Yamal-Nenets Autonomous District were investigated. An essential morphological and landscape diversity of soils was revealed. In addition, the spatial geographical trends of soil cover dynamics were described. Soil contamination levels were assessed in terms of organic and inorganic toxicants. Estimation of the carbon and nitrogen sequestration in soil of different environments was conducted.*

**Keywords:** soil, soil cover, chemical status.