

Таежно-мерзлотные геосистемы Средней Сибири и некоторые их геохимические показатели (на примере Ербогаченской провинции)

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск,
e-mail: vlasova@irigs.irk.ru

Аннотация. На основе проведенных исследований показаны почвенно-геохимические особенности характерных для среднесибирской Ербогаченской провинции мерзлотно-таежных геосистем. Рассмотрена дифференциация ряда химических элементов в почвах как результат их радиальной, латеральной миграции и механизма действия мерзлотного барьера. Дана индикаторная функция некоторых видов мхов и лишайника в оценке изменений биогеохимической среды.

Ключевые слова: геохимия почв, мерзлотный барьер, мерзлотно-таежные геосистемы.

Введение

Освоение северных территорий Средней Сибири идет достаточно интенсивно, в результате чего происходят изменения в геосистемах, приводящие к смене их внешнего и внутреннего состояния. Степень преобразования зависит от интенсивности нагрузок. При высоком уровне воздействия, порог устойчивости природных систем может быть преодолен, а вновь появившиеся комплексы могут резко отличаться от исходных [1]. Изменение природных геосистем происходит не только на территориях непосредственного влияния. Удаленные так же подвергаются косвенному воздействию, при воздушном переносе загрязняющих веществ.

Цель исследования – дать характеристику ландшафтно-геохимической обстановки природных мерзлотно-таежных геосистем Средней Сибири на примере Ербогаченской провинции.

Материалы и методы

Для сбора фактического материала проводились полевые исследования с отбором почвенных и растительных образцов. Были выбраны площадки для изучения растительного покрова и заложены почвенные разрезы. Образцы после отбора, соответственно методическим рекомендациям и ГОСТам, маркировались, сушились и доставлялись в лабораторию. В лабораторных условиях определялась величина рН способом водной вытяжки, определение гумуса методом, основанным на окислении углерода перегнойной почвы, мокрым сжиганием по Тюрину. Содержание химических элементов в почвенных и растительных образцах определялось с помощью качественного количественного спектрального анализа, основанного на эмиссионном атомном анализе. Основу теоретической базы исследования составляют положения учения о геосистемах В.Б. Сочава, работы В.М. Михеева, А.В. Ряшина.

Объекты исследования

Район исследований расположен на древней Сибирской платформе в пределах Северо-Азиатского субконтинента, в Средней Сибири, таежной зоне и в силу своей меридиональной направленности пересекает все ее подзоны. Здесь особенно проявляется разнообразное и сложное сочетание геосистем – это геосистемы Лено-Ангарского плато, Ербогаченской низменности и южной оконечности Ангарского кряжа. Изучение геохимических показателей проведено в границах Ербогаченской провинции. Территория представлена средней тайгой, характеризующей Среднесибирскую физико-географическую область, где главнейшим средообразующим фактором является криогенез, в условиях которого формируется своеобразная растительность и почвы. В растительности доминируют светлохвойные и темнохвойные леса с наиболее типичным представителем - лиственницей сибирской и Гмелина, определенное положение занимают вторичные березово-сосновые леса. Для данных геосистем характерна слабовыраженная миграция вещества в связи с мерзлотным режимом. Роль растительности, в этих условиях, наиболее значима и состоит не только в процессах биологического круговорота вещества, но и в создании микроклимата геосистем в целом. Широкое распространение получили мерзлотно-таежные почвы под хвойными лесами средней и северной тайги. Низкие температуры почв, в период вегетации, затрудняют поглощение питательных веществ растительностью. При этом наблюдается снижение скорости развития растительного покрова, разложения органических остатков, что приводит к уменьшению скорости биологического круговорота веществ.

Результаты и обсуждения

На территории исследования заложены площади для комплексного изучения таежно-мерзлотных геосистем. Водоразделы представлены сосново-лиственничной брусничной травяно-зеленомошными на дерновых лесных суглинистых мерзлотных почвах фациями. На склоне – кедрово-елово-лиственничная брусничная зеленомошная с дерновыми лесными слабо оподзоленными мерзлотными почвами. Долинный комплекс – елово-ивовая кустарниковая зеленомошная с аллювиальной почвой

При близком залегании мерзлотных толщ состав коренных пород практически не оказывает влияния на химические характеристики почвенного и растительного покровов, они находятся только под воздействием циркулирующих внутрипочвенных растворов.

Растения – это естественный биогеохимический барьер, накапливая и удерживая в подвижной форме химические элементы, что препятствует их выносу по ряду сопряженных фаций [2].

В тайге мохово-лишайниковой покров выполняет функцию биологического барьера на пути потоков химических элементов, в том числе и загрязнителей. Учитывая это, были взяты образцы наиболее распространенных видов мхов - *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum fuscum* и лишайника *Cladonia alpestris*. Растения накапливают как необходимые химические элементы, так и сопутствующие — слабо вовлекаемые в биологический круговорот в зависимости от их содержания в среде обитания и окружении. Об этом свидетельствуют данные минерального (зольного) состава проанализированных проб (табл.1). На водоразделе *Pleurozium schreberi* является биогеохимическим барьером для кальция и кобальта, обогащаясь железом, стронцием. На склоне показатели диаметральные - резкое снижение их содержания, данный вид мха в автономных условиях показывает превышение стронция на порядок, кальция и железа в 3 раза. Основным накопителем является *Cladonia alpestris*. По отношению к кларкам растений этот вид интенсивно накапливает Ca и Ti, Co, Fe, Sr и меньше – V. В долинном комплексе *Sphagnum fuscum* аккумулирует в основном Ca, Ti, Fe и Sr. Все представленные виды мохово-лишайникового покрова интенсивно поглощают и удерживают свинец, превышая кларк от 6 до 19 раз. Это подтверждает и более ранняя характеристика избирательного поглощения свинца сфагнумом болот Западной Сибири и зеленомошным покровом южной тайги Средней Сибири (до 200 мг/кг золы) [3.4].

Таблица 1.

Содержание химических элементов растительных образцах мерзлотно-таежных геосистем

Элемент	Местоположение				Среднее содержание элементов в наземной фитомассе
	Водораздел <i>Pleurozium schreberi</i> (n=13)	Склон <i>Pleurozium schreberi</i> (n=15)	Долина <i>Cladonia alpestris</i> (n=14)	Долина <i>Sphagnum fuscum</i> (n=16)	
		г/кг			%
Кальций	102,3	63,8	100,5	100,6	3
Магний	23,0	24,6	28,9	40,6	7
Железо	25,1	9,1	19,8	13,7	1
Титан	1,4	1,9	2,8	1,7	0,1
Стронций	3,7	0,2	0,5	0,4	3×10^{-3}
Барий	0,7	1,2	2,6	3,3	$n \times 10^{-2}$
Марганец	0,3	5,0	7,1	5,0	$7,05 \times 10^{-1}$
Медь	40,1	100,7	196,5	203,5	2×10^{-2}
Хром	48,4	55,5	90,6	50,3	205×10^{-3}
Никель	35,9	37,9	42,6	30,5	5×10^{-3}
Кобальт	11,4	3,8	35,8	4,1	$1,5 \times 10^{-3}$
Ванадий	17,6	28,5	65,1	26,7	$6,1 \times 10^{-3}$
Свинец	10	58,9	188,6	128,9	1×10^{-3}

Примечание: n – количество проанализированных проб; расчеты на зольное вещество.

Концентрация в растительности химических элементов – один из основных показателей геохимической обстановки [5], оцениваемой коэффициентом интенсивности биологического поглощения (Кб). В зависимости от местоположения, на изучаемой территории, Кб у одних и тех же видов различен. Так, *Pleurozium schreberi* в условиях водораздела, энергично накапливает (Кб >10) стронций и кальций. В группе сильно накапливаемых здесь элементов (Кб 1–10) – магний, медь, никель и барий; далее (Кб около 1) следуют железо, марганец, кобальт. На склоне кальций еще более энергично аккумулируется (Кб >20), а в группе интенсивно накапливаемых элементов выделяются медь и марганец. В лишайниковом покрове на склоне Кб кальция еще выше (>30), энергично накапливается также медь (Кб >10), возрастает число сильно накапливаемых элементов – Mn, Co, Ba, Sr, Mg, Ni. При этом значения Кб последних значительно выше, чем в *Pleurozium schreberi*. Эти свойства лишайника свидетельствуют о его более выраженной способности удерживать в таежном

ландшафте данные элементы. В условиях речной долины *Sphagnum fuscum* значительно менее активно сорбирует кальций и по величине Кб, близкой к Кб меди, в этом виде мха формируется группа сильно накапливаемых элементов – Cu, Ca, Mn, Ba, Mg, Sr.

В целом, напочвенный растительный покров, обладая избирательной способностью к потреблению химических элементов, чутко реагирует на условия среды обитания. На этом основании абсолютное содержание элементов в растениях, а главным образом относительные показатели интенсивности вовлечения элементов в биогеохимический круговорот, характеризуют вещественно-динамическое состояние геосистем.

Основным источником химических элементов для растений служат почвы. Один из основных факторов миграции химических элементов в геосистемах - щелочно-кислотные условия. Промывной водный режим, способствует миграции щелочных и щелочноземельных элементов [5], реакция почв водораздельной и склоновой частей катены кислая. В верхней части профиля pH 4,4–4,9, возрастая на глубине до 5,3–5,9. В долине слабокислая реакция среды верхней части почвенного профиля (pH 5,8–6,8) и нейтральная (pH 6,9–7,3) – ниже погребенного гумусового горизонта преобладает слабощелочная среда (pH 7,7), что обусловлено влиянием речных вод. (рис.1)

Барьерную функцию в отношении химических элементов выполняет почвенный гумус. В условиях провинции характерна небольшая скорость разложения органических остатков, длительное время находящихся на поверхности почвы в грубой форме. В результате обогащение верхнего почвенного горизонта органическим углеродом происходит достаточно медленно и его количество с глубиной резко снижается. На выровненном водоразделе количество гумуса в горизонте Ad достаточно велико (23 %), но оно резко снижается вниз по профилю – до 1 %. Данная закономерность отмечается и на склоне, где почва значительно беднее гумусом. В неоднородном по строению почвенном профиле долинной фации содержание гумуса очень изменчиво с максимальным количеством (16 %) в погребенном органогенном горизонте, снижаясь на глубине 40–50 см до 2–3 % (см. рис.1.)

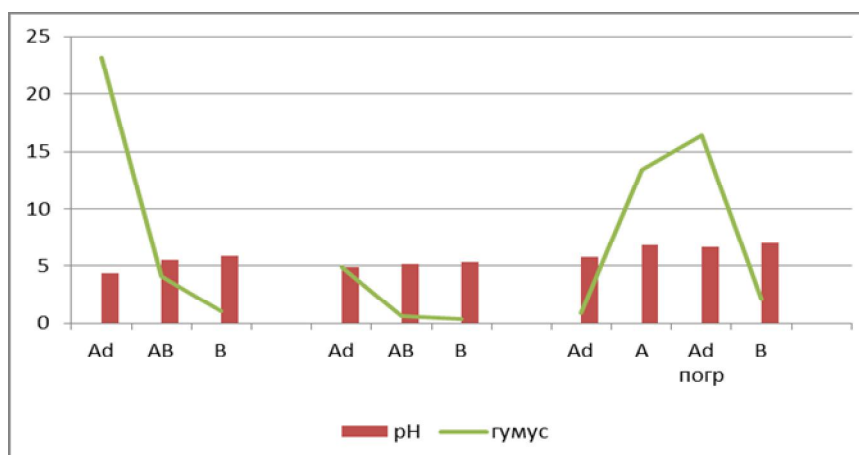


Рис. 1. Содержание органического вещества и водородный показатель в почвенных профилях катены.

При распределении химических элементов в почвенном профиле автономной фации плоской водораздельной поверхности, где отсутствует привнос вещества с сопредельной территории, характерно накопление в верхнем гумусовом горизонте Ad типично таежного биофильного элемента – марганца и закономерное увеличение с глубиной содержания железа и входящих в его группу тяжелых металлов (Ti, Cu, Ni, Co, V). Эта закономерность свойственна иллювиальному горизонту B в условиях кислой почвенной среды (Табл. 2.).

В пологосклоновой фации, наряду с высокой биогенной аккумуляцией Mn в горизонте Ad, максимальное содержание большинства других исследованных элементов приурочено к подгумусовому горизонту AB почвы. В числе накапливаемых здесь элементов щелочноземельные (Ca, Mg, Sr), железо и относящиеся к его группе тяжелые металлы (Ti, Cu, Ni, Co, V). Это проявление в радиальном распределении химических элементов можно рассматривать как следствие длительно-мерзлотного режима почв, и в результате – как специфический структурно-функциональный признак мерзлотно-таежного ландшафта. Определенный вклад в создающийся эффект относительно низкого содержания названных элементов в верхних 15 см почвенного профиля в условиях склона вносит боковая миграция вещества над слоем длительно сохраняющейся в почве мерзлоты.

На фоне пестрой картины внутрипрофильного распределения химических элементов в долинной почве, верхние по 3–5 см слои современной почвы выделяются накоплением железа и близких к нему меди и ванадия. Нижележащий погребенный гумусовый горизонт отличается накоплением марганца, кальция, и стронция.

Таблица 2.

Содержание химических элементов почвах мерзлотно-таежных геосистем

Элемент	Местоположение										Среднее содержание элементов в почвах региона [6]
	Мерзлотные дерновые лесные почвы водораздела			Мерзлотные дерновые слабоподзолненные почвы склона			Аллювиальные дерновые долины				
	Ad	AB	B	Ad	AB	B	Ad	A	Ad погр.	B	
	%										
Кальций	0,6	0,7	0,6	0,3	0,3	0,3	0,7	1,8	2	0,8	1,8
Магний	0,6	0,7	0,9	0,6	1,3	0,5	1,6	1,3	1,6	1,3	1,9
Железо	1,9	2,7	2,9	1,9	4,2	1,8	4,3	3,1	3,5	2,9	0,01
Титан	0,6	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,01
	$n \cdot 10^{-3}$										
Стронций	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,6	1,4	0,3	0,2
Барий	0,7	0,8	0,73	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	0,5	0,01
Марганец	2,9	1,6	0,5	1,9	0,3	0,6	0,5	1,4	2,3	0,4	1,2
Медь	1,7	1,8	2,4	1,1	2,2	0,9	4,2	2,2	1,9	1,8	0,05
Хром	9,1	12,4	11,7	13,7	13,6	13,8	14,5	14,7	8,7	20,7	0,1
Никель	1	2,3	3,2	2,1	5,9	2,1	4,7	4,2	4,7	4,9	0,04
Кобальт	0,6	0,8	1,1	0,5	0,8	0,6	1,1	0,9	1,2	1,3	0,02
Ванадий	7	9,6	10,2	6,7	14,9	7,4	13,2	10,3	10,8	9,9	0,1
Свинец	1,3	1,5	0,01	0,01	0,01	1,1	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Выводы

Латеральная и радиальная дифференциация вещества, как интегральный показатель их функционирования, существенно ограничена в условиях мерзлотного режима почв. По данным вещественного состава установлена характерная биогенная аккумуляция марганца. На склонах резкое увеличение концентрации большинства элементов в подгумусовом слое почв является результатом действия мерзлотного барьера.

Существенную функцию биогеохимического барьера в мерзлотно-таежном ландшафте выполняет растительный компонент, особенно напочвенный покров, в котором доминируют мхи и лишайники. По результатам проведенных исследований установлена более высокая индикационная способность лишайников по сравнению с мхами, особенно в отношении кальция, меди, марганца, которые являются наиболее информативными в оценке вещественно-динамического состояния мерзлотно-таежных геосистем, а также прогнозирования их природных и антропогенных изменений.

Література

1. Солнцева Н. П. Геохимическая устойчивость природных систем к техногенезу (принципы и методы изучения критерии прогноза) / Солнцева Н. П. – Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М. : Наука, 1982. – 356 с.
2. Перельман А. И. Геохимия ландшафта / Перельман А. И. – М. : Географгиз, 1968
3. Нечаева Е. Г. Ландшафтно-геохимические изменения в тайге при геологических изысканиях подземных недр / Е. Г. Нечаева // География и природ. ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 81-87.
4. Нечаева Е. Г. Вещественно-динамическое состояние таежного Обь-Иртышья / Е. Г. Нечаева // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. – 2008. – № 4. – С. 23-36.
5. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. – Изд. 3-е доп. / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – М. : Астрей, 2000. – 199.
6. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический регион) / Гребенщикова В. И., Лустенберг Э. Е., Китаев Н. А., Ломоносов И. С. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 234 с.

Abstract. N. V. Vlasova *Taiga-permafrost geosystem Central Siberia and some of their geochemical indicators (illustrated Erbogachensky province)*. On the basis of studies showing soil-geochemical features typical of the province Erbogachensky cryogenic taiga geosystems. We consider the differentiation of some chemical elements in the soil as a result of the radial, lateral migration and the mechanism of action of frozen barrier. Dana Indication function of certain species of mosses and lichens to measure changes biogeochemical environment.

Keywords: geochemistry of soils, permafrost barrier cryogenic taiga geosystems

Анотація. Н. В. Власова *Тайгово-мерзлотні геосистеми Середньої Сибірі та деякі їх геохімічні показники (на прикладі Ербогаченської провінції)*. На основі проведених досліджень показані ґрунтово-геохімічні особливості характерних для Среднесибирської Ербогаченської провінції мерзлотно - тайгових геосистем. Розглянуто диференціація ряду хімічних елементів в ґрунтах як результат їх радіальної, латеральної міграції та механізму дії мерзлотного бар'єру. Дана індикаційна функція деяких видів мохів і лишайника в оцінці змін біогеохімічної середовища.

Ключові слова: геохімія ґрунтів, мерзлотний бар'єр, мерзлотно - тайгові геосистеми.

Поступила в редакцію 31.01.2014 г.