

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ ПЛАНШЕТОВ В АСПЕКТЕ ПОИСКА КОСМИЧЕСКОЙ ПЫЛИ

С. С. Потапов¹, Н. А. Исакова², В. В. Хиллер³

¹ – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс, spot@ilmeny.ac.ru*

² – *Ильменский государственный заповедник УрО РАН, г. Миасс*

³ – *Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург*

Как известно, одним из методов сбора космической пыли является выделение её из различных природных субстратов (накопителей, уловителей), называемых природными планшетами. Одним из таких планшетов, в частности, являются высокогорные снежники и ледники, а другим – сфагновые болота. Оба эти потенциальные уловители космической пыли были задействованы в нашей работе [Потапов и др., 2010].

По методике В. Ю. Прокофьева (Гляциологическая лаборатория Томского госуниверситета) был отобран «стерильный лёд» с верхней части ледника Ак-Тру на высоте 3600 м, растоплен и отфильтрован. Одна проба представляет собой фильтрат, а другая – осадок на фильтре. Фильтрат представляет собой тонкую тёмно-серую пыль в очень небольшом количестве. Осадок является тонкий тёмно-серый слежавшийся порошок. Методика отбора проб льда и извлечения нерастворимого осадка следующая: поверхность льда на леднике Купол зачищалась на глубину 5–7 см с целью удалить продукты выветривания горных пород. Далее лёд скалывался на глубину 20–30 см с помощью ледоруба и ножа. Из сколков льда формировалась проба весом 25–27 кг, упаковывалась в два мешка из толстого полиэтилена и транспортировалась в лабораторию, расположенную внизу ледника. Полученная от растворения льда вода переливалась в две ёмкости объёмом по 8 л каждая, вода отстаивалась в течение 6–7 часов, затем сливалась через шланг до оставшегося объёма 1 л в каждой ёмкости. Оставшаяся вода с осадком переливалась в мензурку, где происходило разделение фракций на взвесь и осадок. Вода фильтровалась через фильтр быстрой фильтрации (красная линия). Получалось два компонента одной пробы – фильтрат и осадок. Всего было отобрано 4 пробы льда. Нам для исследования попала часть пробы 1, отобранной в верхней части ледника (пакеты № 7 – фильтрат и № 9 – осадок).

Также опробовался торф двух сфагновых болот: одно в районе Тунгуски, другое – в Ильменском заповеднике. На ровной площадке верхового болота закладывался шурф и послойно отбирался образец торфа. В условиях лаборатории вещество каждого пласта отмывалось на сите. Прошедший сквозь сито гумус и минеральные частицы отстаиваются, сливаются на чашку Петри, высушиваются, а затем озоляются при температуре до 600 °С.

Стандартный химический анализ («мокрая химия») пробы 1 с ледника Ак-Тру ввиду малого количества осадка не проводился. Но был проведен экспресс анализ осадка № 9 (проба КП-1) на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDS-900HS (фирма SHIMADZU, Япония) по методике, описанной в работах [Хиллер, 2009; Хиллер, Вотяков, 2009]. Энергодисперсионный спектр этой пробы (рис. 1) показал высокие содержания Fe₂O₃ более 39 %, SiO₂ около 25.5 %, K₂O чуть более 18%, Al₂O₃ более 12 %, CaO и TiO₂ около 2 %.

Часть пробы 1, а именно, фильтрат № 7 ввиду малого количества вещества минералогически не анализировалась. Получена рентгенограмма вещества пробы осадка № 9 (проба КП-1), выделенного из «стерильного льда» с верхней части ледниковой системы Ак-Тру, с ледника Купол. Основной минеральной фазой этого осадка является кварц (интенсивный пик 3.344 Å) с примесью иллита и корундофиллита, а также, возможно, альбита и олигоклаза (пики 4.033 и 3.199 Å).

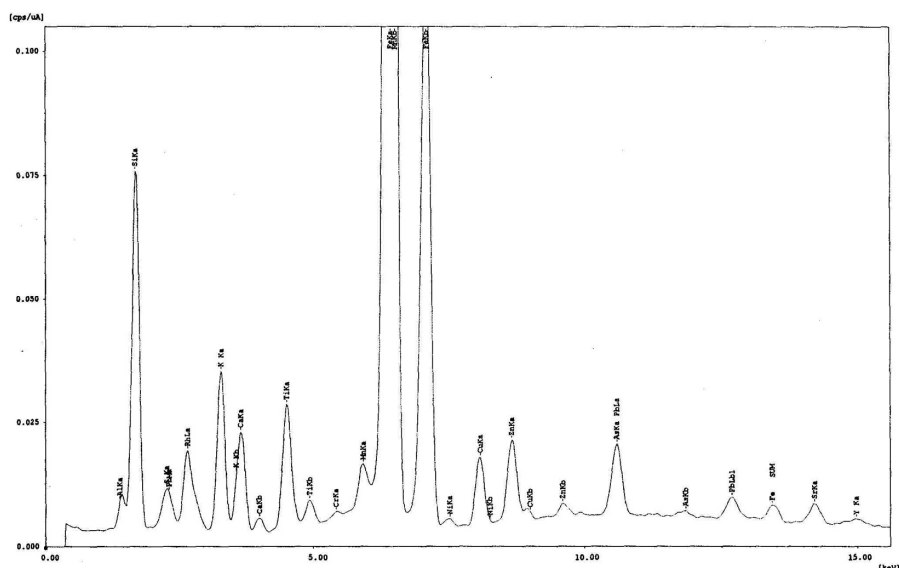


Рис. 1. Рентгенофлуоресцентный спектр осадка № 9 (проба КП-1) с ледника Ак-Тру (Алтай).

Реестр проб с торфяных болот представлен в табл. 1, а содержание тяжелых металлов в них – в табл. 2.

Таблица 1

Пробы с торфяных болот Тунгуски и Ильменского заповедника

Место отбора пробы		Образец (код пробы)	Лабораторный номер пробы
Ильменский государственный заповедник		A0	1* (КП-2)
		A1	2* (КП-3)
		A2	3* (КП-4)
Район Тунгуски	Проба Б	B1	4
		B2	5
		B3	6
		B4	7
	Проба А	A1	8
		A2	9
		A3	10
		A4	11
	Проба СО	СО1	12
		СО2	13
		СО3	14
		СО4	15* (КП-5)

*Примечание.** – пробы изучены методом рентгенофазового анализа на дифрактометре ДРОН-2.0, CuKα-излучение, лаборатория ИМин УрО РАН, г. Миасс.

Рентгенофлуоресцентному и минералогическому анализам нами были подвергнуты все три послойно отобранные пробы из Ильменского заповедника и одна проба (СО4) с Тунгуски (см. табл. 1). Энергодисперсионные спектры верхних двух слоев торфа из Ильменского заповедника близки таковым пробы с ледника Ак-Тру, но характеризуются более низкими в 2–2.5 раза содержаниями кремнезема. Проба с нижнего слоя торфа из Ильменского заповедника, судя по данным РФА на спектрометре EDS-900HS (рис. 2), характеризуется высоким, более 30 %, содержанием CaO, что отражает современное аутигенное минералообразование и накопление CaCO₃ в нижнем горизонте.

Таблица 2

Содержания тяжелых металлов в пробах с торфяных болот

Проба	Образец	Содержание тяжелых металлов (мг/кг)									
		Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	Cd	Pb	Sr
ИГЗ	A0	480.21	81.02	36.61	10.39	35.08	н/о	8.74	0.570	20.28	4.84
	A1	526.29	31.75	40.62	32.74	52.92	н/о	5.66	0.456	28.90	3.45
	A2	2699.0	42.11	146.70	41.51	251.64	5.70	12.08	2.069	51.69	59.83
Б	Б1	30.93	480.95	12.28	н/о	21.85	н/о	1.72	0.063	1.63	2.95
	Б2	47.31	71.01	11.89	0.34	26.35	н/о	< 1.0	0.095	2.08	3.34
	Б3	114.37	30.11	19.59	0.64	н/о	н/о	< 1.0	0.211	1.96	14.50
	Б4	218.25	18.41	10.78	1.32	н/о	н/о	< 1.0	0.090	2.76	17.16
А	A1	38.54	202.61	36.51	0.96	н/о	н/о	< 1.0	0.080	1.45	1.91
	A2	44.88	7.60	20.85	1.47	н/о	н/о	< 1.0	0.047	1.88	0.25
	A3	29.13	4.74	7.98	н/о	н/о	н/о	< 1.0	0.056	0.85	2.66
	A4	558.24	7.44	10.79	1.14	н/о	н/о	1.08	0.139	1.50	15.06
СО	СО1	70.88	490.10	5.70	н/о	н/о	н/о	< 1.0	0.049	0.51	0.97
	СО2	68.99	294.16	5.06	н/о	н/о	н/о	< 1.0	0.044	1.87	1.35
	СО3	123.18	191.07	14.93	н/о	н/о	н/о	< 1.0	0.080	2.34	1.52
	СО4	136.69	53.84	32.71	0.18	н/о	н/о	< 1.0	0.075	0.92	4.16

Примечание: н/о – элемент не обнаружен.

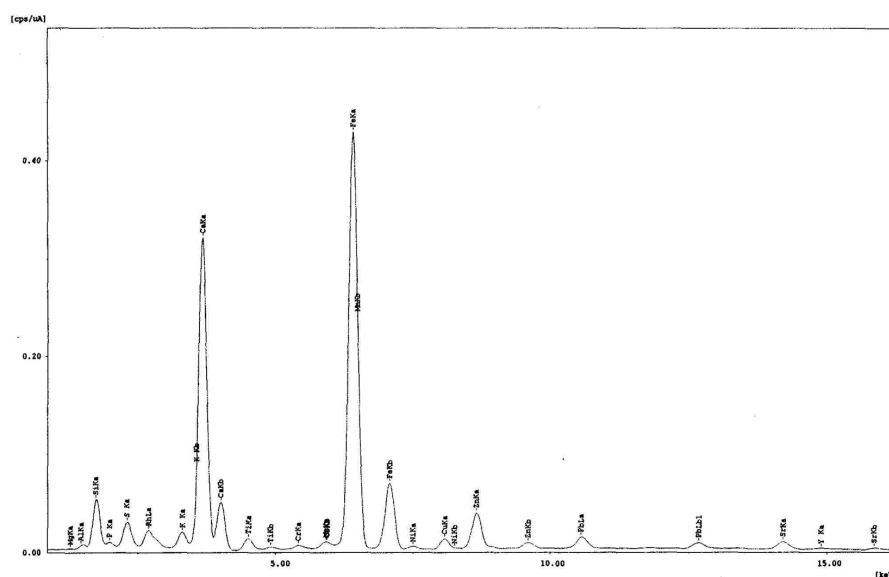


Рис. 2. Рентгенофлуоресцентный спектр пробы нижнего слоя торфа из Ильменского заповедника (проба КП-4).

Проведенный рентгенофазовый анализ этих проб показал, что верхний слой А0 (проба КП-2) торфа в Ильменском заповеднике включает минералы кварц и гидроксилпатит, средний слой А1 (проба КП-3) – кварц и иллит, а нижний слой А2 (проба КП-4) – кварц и кальцит. Проба с района Тунгуски (четвертый, нижний слой) с точки СО характеризуется наличием кварца, кальцита и апатита.

Таким образом, во всех пробах сквозным является обычный земной минерал кварц; встречаются и другие типично земные минералы, как иллит, корундофиллит, гидроксилпатит, привнесенные в осадки с области ближнего сноса водными или воздушными потоками. В нижних горизонтах торфогрунтов и в районе Тунгуски, и в Ильменском заповеднике обнаруживается значительное количество новообразованного

кальцита, формирование которого происходит в водонасыщенном слое под мощными отложениями растительной органики и фиксирует глеевый горизонт.

В верхнем (проба КП-2) и среднем (проба КП-3) слоях торфа из Ильменского заповедника выделена магнитная фракция, в которой встречаются черные шарики размером порядка 0.1 мм (рис. 3) а также магнитные корочки, предположительно состоящие из магнетита Fe_3O_4 и вюстита FeO . В пробе КП-4 (нижний слой торфа болота в ИГЗ) магнитных шариков и корочек не обнаружено. В выделенной магнитной фракции встречаются формы, напоминающие фитоморфозы магнитных железистых минералов, вероятно, по стеблям сосудистых растений. На них налипло белое карбонатное минеральное вещество.

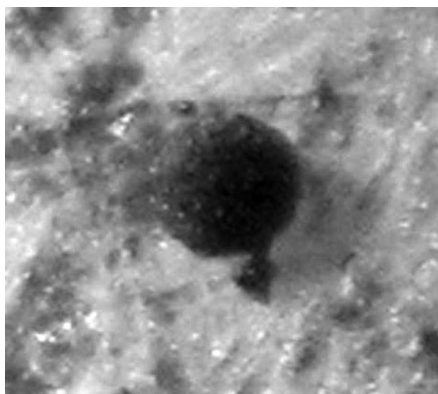


Рис. 3. Черный магнитный шарик, выделенный из пробы КП-2 верхнего слоя торфа в Ильменском заповеднике.

В пробах КП-1 с ледника Ак-Тру и КП-5 с нижнего слоя торфа на точке СО в районе Тунгуски магнитной фракции не выделено. Хотя наличие их не исключается. Во всяком случае, на леднике Ак-Тру с использованием магнитных ловушек, установленных на временных водотоках, образующихся при таянии ледника, отобрано много магнитного вещества, которое еще предстоит изучать.

На основании проведенных исследований сделаны следующие геохимические выводы:

- Ряды ранжирования содержания тяжелых металлов в торфяных отложениях в ИГЗ и на Тунгуске в целом соответствуют таковым рядам для земной коры и, в частности, для осадочных пород и современных донных отложений озер.
- Нижние два слоя торфа в ИГЗ содержат anomalously высокие содержания Ni; никель занимает второе место после содержания Fe в ряду ранжирования (ряды ранжирования элементов будут представлены и обсуждены в докладе).
- С учетом скорости накопления торфа примерно в 1 см в год, высокие содержания Sr и Pb в нижнем слое болотных отложений в ИГЗ могут соответствовать известным катастрофическим событиям на предприятии «Маяк» 1957 г. (<http://nuclear.tatar.mtss.ru/fa230907.htm>).
- Для торфяных отложений Тунгуски характерно преимущественное превалирование содержания Mn над Fe. Высокие содержания Sr и Pb могут свидетельствовать с глобальным радиоактивным загрязнением планеты Земля.

Минералогические выводы:

– Вещество потенциальных планшетов для выявления космической пыли соответствует классическим «земным» минералам и сложено преимущественно кварцем и кальцитом с примесью апатита, иллита, корундофиллита (минерала из группы хлоритов), альбита, олигоклаза.

– В магнитной фракции проб установлены сферулы (шарики) и корочки, предположительно состоящие из магнетита и вюстита.

– На данном этапе исследований однозначно говорить об их космической природе не приходится, поскольку подобные образования формируются как в природных геологических процессах, так и при техногенном (индустриальном) загрязнении природной среды.

– Решение задачи идентификации фаз магнитных фракций, выяснение источников их образования требует современных прецизионных методов исследования (электронное микронзондирование, РЭМ и СЭМ исследования, ЯМР, ЯГР, ЭПР и др.)

Наш первый и не очень детальный опыт изучения потенциальных природных планшетов – накопителей космической пыли позволил апробировать разные методики

сбора и выделения минеральной компоненты, её геохимического и минералогического анализа.

Благодарим наших коллег В. Ю. Прокофьева и А. П. Бояркину за отбор, подготовку и предоставление проб с потенциальных мишеней для космической пыли для исследований; Г. В. Губко за введение в проблематику и постановку задачи; а также сотрудников Института минералогии и ИГЗ УрО РАН Т. М. Рябухину, Н. В. Паршину, Л. Б. Лапшину, способствовавших выполнению ряда технических и аналитических работ.

Литература

Потапов С. С., Исакова Н. А., Губко Г. В., Паршина Н. В., Л.Б.Лапшина Л. Б. Материалы к исследованию геохимического и минерального состава природных планшетов (в аспекте поиска космической пыли) // Материалы рабочего совещания по проблеме «Космическая (метеорная) пыль на поверхности Земли». 28–30 августа 2009 г. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 2010. (В печати).

Хиллер В. В. Определение содержания оксидов породообразующих элементов, Rb и Sr в горных породах на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDS-900HS // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции «Минералы: строение, свойства, методы исследования». Миасс: УрО РАН, 2009. С. 285–286.

Хиллер В. В., Вотяков С. Л. Экспресс-анализ горных пород и руд на энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных спектрометрах EDS-800HS и -900HS // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции «Минералы: строение, свойства, методы исследования». Миасс: УрО РАН, 2009. С. 287.