

ПРОБЛЕМА ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА (СБОРНИК СТАТЕЙ)

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ В РАЙОНЕ ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

А. Л. КОВАЛЕВСКИЙ, И. В. РЕЗНИКОВ, Н. Г. СНОПОВ, А. Б. ОШАРОВ,
В. К. ЖУРАВЛЕВ

Введение

В 1959—1960 гг. была предпринята первая попытка поисков вещества Тунгусского метеорита с помощью методов металлометрии и флуориметрии. Поиски распыленного вещества, выпавшего 50 лет тому назад, представляют собою исключительно трудную задачу. Они могут привести к успеху только в том случае, если масса распыленного вещества была достаточно большой, а его химический состав существенно отличается от состава почв и пород района.

В районе падения Тунгусского метеорита распространены в основном породы так называемой трапповой формации, представленные интрузивными и эффузивными породами основного состава. Сравнение среднего химического состава этих пород и железных метеоритов показывает наличие существенных отличий в содержании никеля и кобальта. Эти элементы в железных метеоритах содержатся в количествах в 100—500 раз больших, чем в породах основного состава [1, 2]. Химический состав каменных метеоритов отличается от пород основного состава в значительно меньшей степени. Наибольшие различия имеются для никеля, хрома и кобальта, содержание которых в каменных метеоритах больше, чем в основных породах в 10—70 раз [25].

В районе падения Тунгусского метеорита значительно распространены болота. Химический состав торфа сильно отличается от состава метеоритов [2в], поэтому можно ожидать заметного различия в химическом составе слоя торфа 1908 года и соседних слоев.

Можно ожидать, что вблизи места падения Тунгусского метеорита имеется геохимическая аномалия — повышенное относительно обычных для района содержание какого-либо химического элемента в почвах или растениях, связанное с выпадением распыленного вещества метеорита, т. е. космохимическая аномалия.

Наиболее четкая космохимическая аномалия может быть выявлена для элементов, фоновое содержание которых невелико, а содержание в веществе метеорита значительно.

Геохимические исследования 1959—1960 гг. ставили перед собой целью дать ответ на 2 главных вопроса: а) имеется ли вблизи места падения Тунгусского метеорита геохимическая аномалия? и б) можно ли считать эту аномалию космохимической?

Предварительные результаты обработки образцов почв и золы растений из района падения метеорита позволяют ответить на первый вопрос положительно и считать весьма вероятным положительный ответ на второй. Окончательное решение этих вопросов пока что невозможно из-за ограниченного объема геохимических исследований, некоторых дефектов применявшейся методики и больших погрешностей проведенных анализов. Важность получения хотя бы отрывочных сведений о составе

Тунгусского метеорита не может вызывать сомнений. Поэтому попытки получить данные о вещественном составе Тунгусского метеорита должны быть достаточно настойчивыми.

Методика работ

В 1959 г. было проведено изучение 333 проб почв по пяти радиусам от эпицентра и 50 проб золы деревьев, отобранных вблизи эпицентра. Исследование проводилось с помощью полуколичественного спектрального анализа методом просыпки — воздушного дутья [3]. Определение содержания химических элементов производилось с точностью до декады (т. е. определялись следующие величины содержаний: 0,001; 0,01; 0,1; 1% и т. д.).

В пределах чувствительности этой методики не было обнаружено явного повышения к центру ни одного из элементов, на которые проводился анализ. В золе некоторых деревьев, взятых в центре, было установлено повышенное в сравнении с кларком содержание редкоземельных элементов: лантана, церия, иттербия и иттрия (табл. 1, см. стр. 127). Кроме того, в ряде проб золы деревьев, взятых с г. Фаррингтон, г. Стойкович и других вершин, было обнаружено олово (содержание — 0,001%, иногда больше), которое обычно в золе деревьев отсутствует.

В 1960 г. проведено систематическое опробование почв и растений по 4 радиуса на расстояние до 24 км от центра вывала. Краткая характеристика почв и растительности изучаемого района дана в физико-географическом очерке Л. В. Шумиловой, опубликованном в настоящем сборнике.

Расстояние между точками опробования вблизи эпицентра взрыва было равно 1 км до пятого — шестого километра и 2—3 км на концах профилей. Профили проводились от заимки Кулика до границ частично вывала леса. На каждом профиле было 10—12 пунктов отбора проб. В каждом из пунктов были опробованы два — четыре вида деревьев: лиственница, сосна, береза и деревья, поваленные в 1908 г., или сухостойные. Кроме систематического отбора проб в начале, середине и в конце каждого радиуса, проведено послонное опробование древесины. Каждый из слоев при таком опробовании включал 20 годовичных колец. Послонное озолнение лиственниц было проведено также в центре в трех пунктах; на г. Фаррингтон, г. Стойкович, на южном берегу Южного болота. Предварительное сжигание проб растений производилось в полевых условиях на листах кровельного железа. Доозолнение проб производилось в лаборатории в муфельной печи при температуре порядка 700—900°. Конечный вес золы каждой пробы составлял 5—15 г.

В местах отбора проб растений, у их корней, с глубины 0—10 см отбирались пробы почв размером 20 × 20 × 10 см. Начальный вес пробы составлял 3—6 кг. После перемешивания и квартования проба сокращалась до 150—200 г. Примерно по 50 г пробы направлялось для анализа в лаборатории. После озолнения в муфельной печи при температуре 700—900° проба почвы истиралась до пудры и анализировалась с помощью спектрального анализа.

Кроме проб почвы, отобранных на глубине 0—10 см, в одном из пунктов Северного болота была получена зола 12 слоев (толщиной по 2,5 см) вертикального разреза торфяного покрова. Озолнение проб торфа проводилось на листах нержавеющей стали.

Пробы, отобранные в 1960 г., проанализированы дважды: в Новосибирске и в Ленинграде, кроме того, часть проб исследовалась в Москве.

Определение 49 химических элементов в Новосибирске производилось с помощью спектрографа ИСП-28 И. В. Резниковым и Н. Г. Сноп-

Таблица 1

*Содержание редкоземельных элементов в растительности
вблизи эпицентра*

№ ана- лиз	Место отбора проб	Виды растений	Содержание в процентах	
			лантан	церий
144	Сев. склон г. Прендель	сосна	$n \cdot 10^{-2}$	0
145	"	береза	0	$>0,1$
146	"	лиственница	0,1	0
147	"	сосна	$n \cdot 10^{-2}$	0
148	Вост. склон г. Стойковича	сосна	0	0
149	"	осина	0,1	$>0,1$
150	"	лиственница	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
151	"	береза	$n \cdot 10^{-2}$	0
152	"	сосна	$n \cdot 10^{-2}$	0
153	Сев. склон г. Западная	лиственница	$n \cdot 10^{-2}$	0
154	"	береза	$n \cdot 10^{-2}$	$>0,1$
155	"	осина	0,1	$>0,1$
156	"	ольха	$n \cdot 10^{-2}$	0
157	"	сосна	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
158	"	лиственница	$n \cdot 10^{-2}$	0
159	"	лиственница	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
160	Юго-вост. склон г. Западная	лиственница	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
161	"	береза	$n \cdot 10^{-2}$	0
162	"	ольха	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
163	"	осина	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
164	"	сосна	$n \cdot 10^{-2}$	0,1
166	Зола из костра у изб Кулика		$n \cdot 10^{-2}$	0

вым методом сильноточной дуги в сочетании с воздушным дутьем. Эта методика по сравнению с ранее применявшимся методом просыпки — воздушного дутья — дает повышение чувствительности примерно в 3 раза для всех химических элементов, входящих в состав пробы. Для получения больших токов использовался переделанный для этой цели генератор ПС-39 [4], [5], [6].

В Ленинграде был проведен спектральный анализ на содержание в почвах* элементов Pb, Mo, Zn, Cu, Ag, As, Co, Ni, Ba, Be, Mn, Ca методом просыпки на спектрографе ИСП-28. Спектральный анализ на Y, Yb, La, Ce, Sc был проведен для образцов золы растений и почвы методом сжигания в канале угольного электрода. В обоих случаях применялся десятиступенчатый ослабитель. Анализы проводил Ю. Т. Донец.

* Анализ на содержание этих элементов в золе растений в Ленинграде пока не закончен.

Результаты анализов 1960 года

а) Сравнение с кларками

Средние уровни содержаний ряда химических элементов в изученных пробах почв и растений по результатам анализа в Новосибирске приводятся в табл. 2. Эти данные показывают, что в почвах или в золе растений в сравнении с кларковыми количествами повышено содержание ванадия, кальция, магния, цинка, марганца, кобальта, титана, железа, бария, стронция. (Первые два элемента — только в почве, последние четыре — только в растениях).

Это повышение может быть связано с наличием в изучаемом районе основных пород трапповой формации.

Был подтвержден факт наличия в растительности района высокого содержания олова (см. табл. 2).

б) Распределение элементов по радиусам

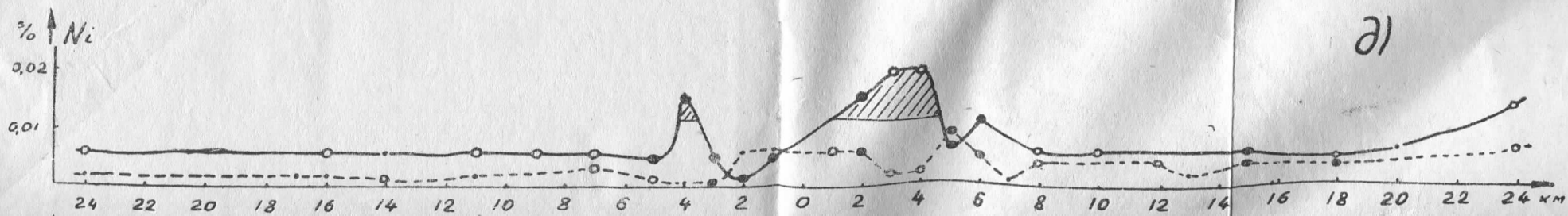
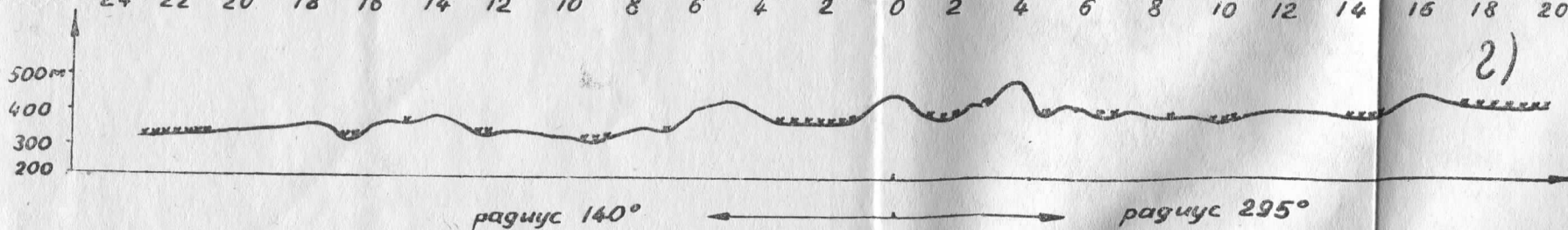
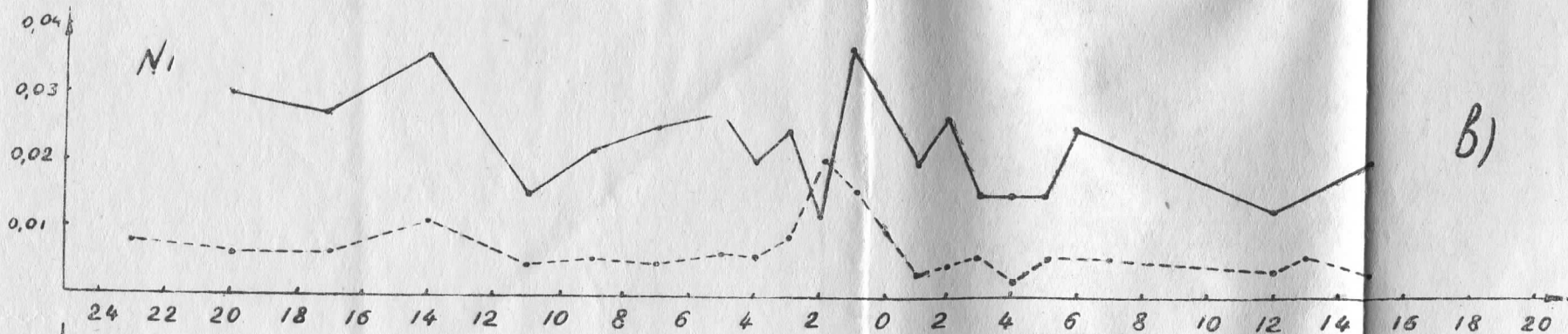
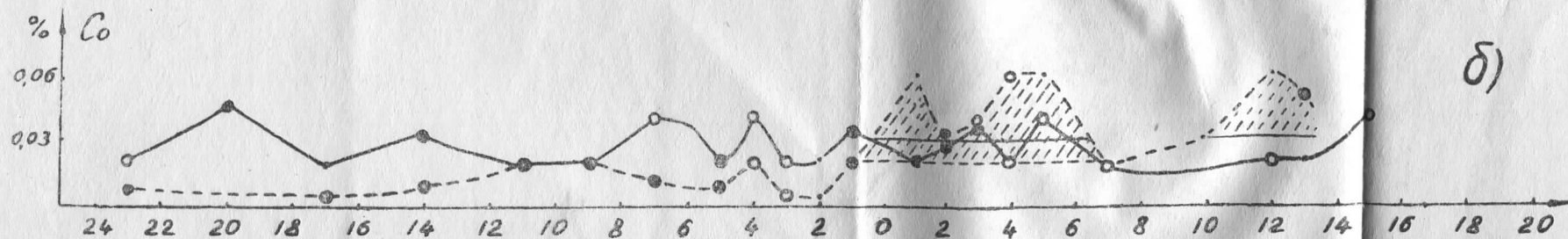
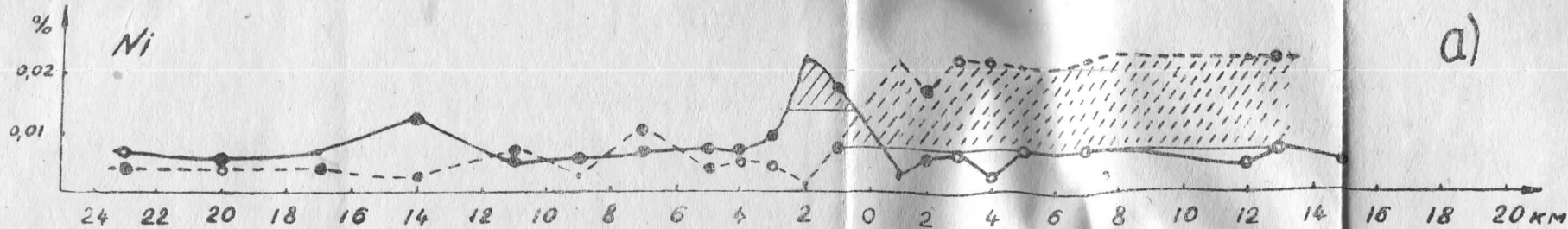
Поскольку результат единичного полуколичественного спектрального анализа является весьма неточным — средняя относительная погрешность для большинства определяемых элементов равна 1,4—1,8, перед построением графиков полученные приближенные значения содержаний элементов в каждом пункте опробования усреднялись. Усреднение содержаний элементов в золе различных видов растений производилось только в том случае, если заметной зависимости их содержания от вида растений не наблюдалось. Следует отметить, что содержание таких элементов, как стронций и барий, заметно зависит от вида деревьев: в золе сосны содержание стронция в 2 раза, а содержание бария в 4 раза меньше, чем в золе лиственницы и березы. Такое же примерно соотношение получается и для альфа-активности золы этих видов (см. табл. 2).

Наиболее закономерное изменение содержаний по профилям, пересекающим эпицентр взрыва, намечается для никеля по данным новосибирских анализов. «Нормальное» содержание никеля в почвах равно примерно 0,006%. В радиусе до 5 км от эпицентра выявлены повышенные содержания никеля, достигающие 0,02% (рис. 1а и 1д). Участки с повышенным содержанием никеля в почве фиксируются одной — тремя точками, поэтому оконтурить их в настоящее время можно лишь весьма приблизительно. В растениях средние содержания никеля соответственно равны: в лиственнице 0,004, в сосне и березе 0,003%. В нескольких пробах, расположенных на расстоянии до 4—7 км от центра, на радиусе 295° до 13 км, выявлены относительно высокие содержания никеля, достигающие 0,02%, т. е. превышающие фоновые содержания до 5 раз и более (рис. 1 а, д). На радиусе 295° область повышенных содержаний никеля в растениях осталась неоконтуренной.

Однако сравнение результатов анализов, проведенных в новосибирской и ленинградской лабораториях (рис. 1в и 1ж), показывает, что превышения, обнаруженные первой лабораторией, лежат на пределе чувствительности метода, и вполне достоверное их определение требует статистической обработки значительно большего числа проб.

Повышенное содержание кобальта, превышающее фоновое более, чем в 2—3 раза (до 0,006% на фоне 0,0015%), наблюдается только в золе древесины на радиусе 295° и в одной точке на радиусе 215°.

Точки с повышенным содержанием никеля и кобальта в деревьях в основном совпадают, точки с повышенным содержанием никеля в почве и растениях не совпадают. Если предположить, что аномалии никеля связаны с выпадением вещества метеорита, то это обстоятельство может



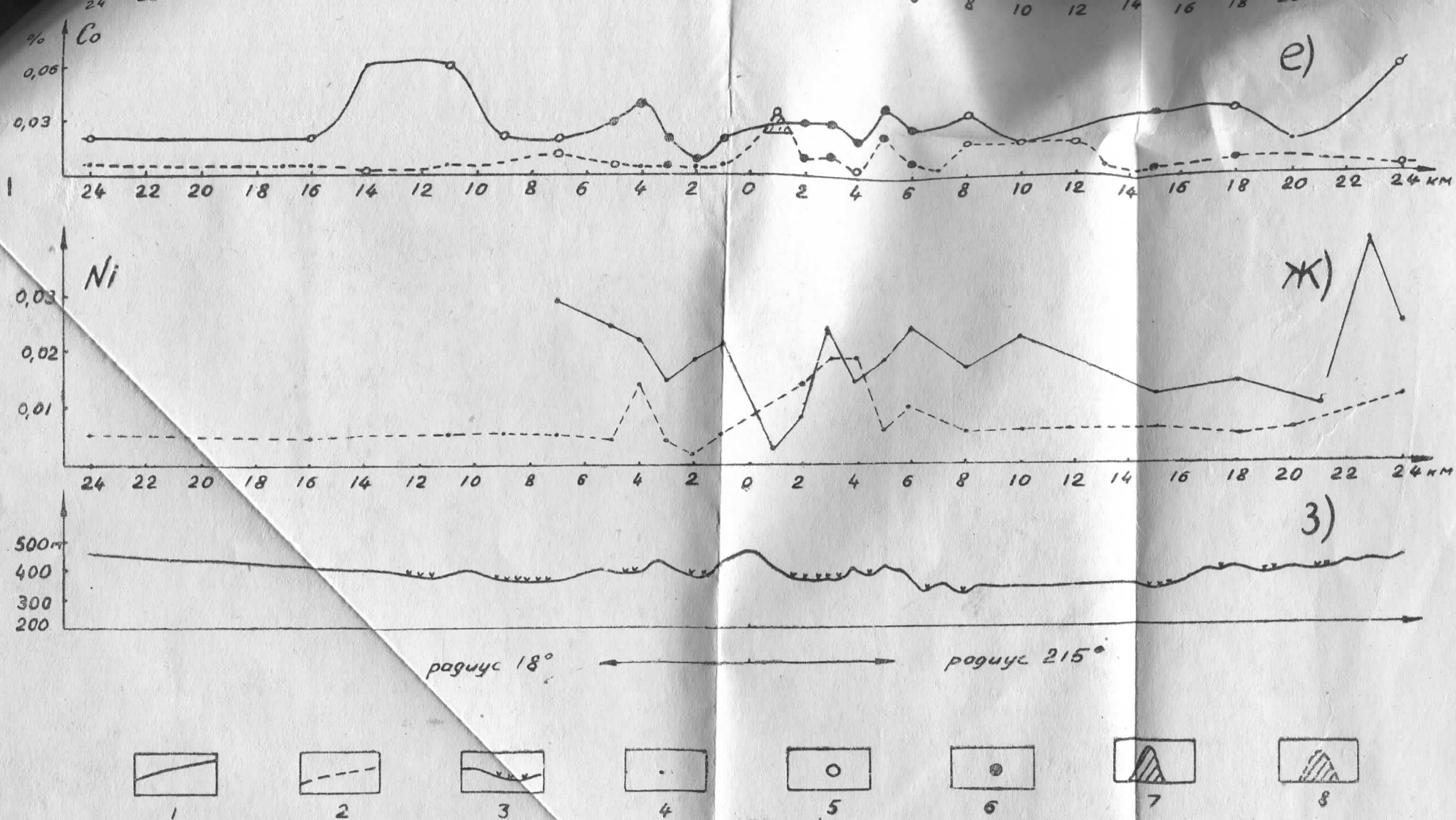


Рис. 1. Распределение никеля и кобальта по радиусам: а и д — содержание никеля в почве и растительности; б и е — содержание кобальта в почве и растительности; г и з — профили рельефа; в и ж — сравнение результатов Новосибирской (пунктир) и Ленинградской (сплошная линия) лабораторий для никеля.

Обозначение для а, б, г, е, з: 1 — содержание в золе почвы, 2 — содержание в золе древесины, 3 — профиль рельефа и заболоченные участки; 4—6 — результаты анализов: 4 — одно определение, 5 — среднее из двух анализов, 6 — среднее из трех анализов, 7 — геохимические аномалии в почве, 8 — геохимические аномалии в растениях.

Таблица 2

Соотношение между средними содержаниями элементов в золе древесины и в почве в районе падения
Тунгусского метеорита

Химический элемент	Его символ	Среднее содержание, %				Отноше- ние C_3/C_4	Кларковые содержания (1), (3), (7)		
		лиственница C_1	сосна C_2	береза C_3	почва C_4		в золе растений	в почве	в породах основ. сос.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Магний	Mg	10	10	10+	2,0+	5	3,5	0,6	4,5
Кальций	Ca	15	15	15=	3,0+	5	15,0	1,4	6,7
Цинк	Zn	—	0,020	0,043	0,020+	2,2	0,015	0,005	0,013
Стронций	Sr	0,33	0,19	0,30+	0,016—	19	0,0п	0,03	0,044
Барий	Ba	0,19	0,045	0,018+	0,25—	7,2	0,0п	0,05	0,027
Радий									
(α -актив- ность в экв. U)	Ra	0,00065	0,0003	0,0006=	0,0003=	2,0	0,0006	0,0003	0,0002
Калий	K	7,0	7,0	7,0—	1,5=	5,0	15,0	1,4	0,83
Медь	Cu	0,008	0,008	0,008=	0,002=	4,0	0,01	0,002	0,014
Бор	B	0,008	0,004	0,004=	0,0005=	8,0	0,005	0,001	0,001
Титан	Ti	0,25	0,14	0,18+	0,7=	0,4	0,005	0,46	0,9
Цирконий	Zr	0,003	0,0015	0,0015=	0,008—	0,2	0,005	0,03	0,01
Олово	Sn	0,008	0,011	0,008	0,0004—	20	—	0,001	0,0008
Ванадий	V	0,008	0,008	0,004=	0,026+	0,15	0,005	0,01	0,02
Хром	Cr	0,008	0,007	0,006—	0,008—	0,6	0,02	0,02	0,03
Молибден	Mo	0,00035	0,00037	0,0007=	0,0001—	7	0,001	0,0003	0,0004
Марганец	Mn	1,7	1,7	1,7+	0,18+	10	0,05	0,085	0,22
Железо	Fe	3,6	3,1	2,8+	5,8=	0,5	1,0	3,8	8,56
Кобальт	Co	0,002	0,0015	0,0015=	0,003+	0,5	0,001	0,0008	0,0045
Никель	Ni	0,004	0,003	0,003=	0,006=	0,5	0,003	0,004	0,016

Примечание: + содержания в почве (золе березы), превышающие кларк почвы (зола растений) в 2 раза и более;
= содержания в почве (золе березы), примерно равные кларку почв (зола растений);
— содержания в почве (золе березы), меньше, чем кларк почв (зола растений);
Жирным шрифтом выделены отношения C_3/C_4 от 5 до 20.

объясняться миграцией никеля за 52 года. Никель легко мигрирует в условиях кислой среды, характерной для болотных почв, и можно допустить, что распределение никеля в многолетних растениях ближе соответствует его распределению непосредственно после падения метеорита.

На радиусе 295° и отчасти 18° выявлены повышенные содержания ванадия, лантана, церия, иттрия, иттербия и бериллия в золе растений. Те же пробы, исследованные в Ленинграде, подтвердили наличие в них лантана, иттрия, иттербия и бериллия. Кроме того, La, Y и Yb были обнаружены ленинградской лабораторией в некоторых пробах радиусов 140° и 215° . Однако, учитывая меньшую чувствительность методики, применявшейся для определения этих элементов в Ленинграде, эти последние точки следует считать недостаточно достоверными.

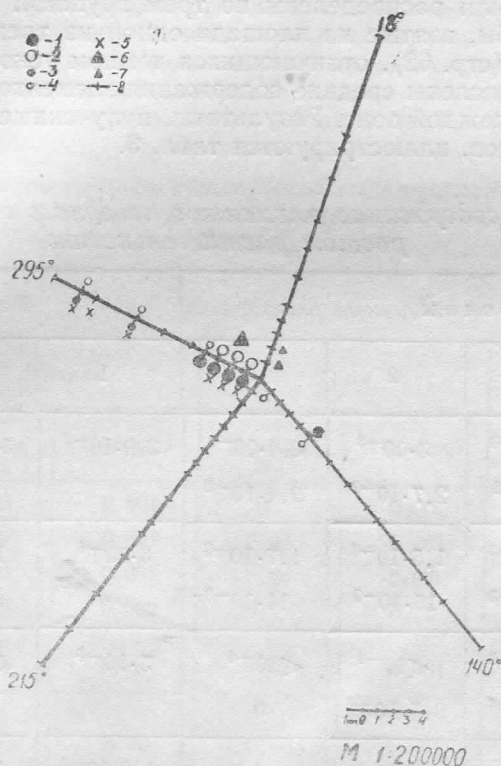


Рис. 2. Распределение редкоземельных элементов по радиусам (Y и Yb — в грунте и в золе растений, La и Ce — только в растениях); 1 — содержание иттрия в двух или более пробах, 2 — то же для иттербия, 3 — содержание иттрия в одной пробе, 4 — то же для иттербия, 5 — то же для лантана, 6 — содержание церия в двух пробах, 7 — содержание церия в одной пробе, 8 — места взятия проб. 1–6 обнаружены Новосибирской и Ленинградской лабораториями, 7 — обнаружено только Новосибирской лабораторией.

На диаграмме рис. 2 нанесены только те точки, в которых редкоземельные элементы обнаружены двумя лабораториями. Можно считать, что «сгущение» этих точек находится вблизи эпицентра взрыва. Таким образом, результаты, полученные в 1960 г., подтверждают наличие

вблизи эпицентра повышенных содержаний редких земель в деревьях, отмеченное в 1959 г.

в) Распределение элементов по зонам
с ускоренным ростом растительности.

В статье Некрасова и Емельянова [8] высказано предположение, что одной из причин ускоренного роста растительности, возобновляющейся после 1908 г., может быть действие микроэлементов, входивших в состав метеорита.

В связи с этим была сделана попытка сопоставить результаты металлометрического и флорометрического анализа с результатами лесоведческих исследований. Для этого имеющиеся анализы проб золы грунта и деревьев были распределены по трем группам. В каждую группу включались пробы, взятые на площади одной из трех зон, выделенных на карте рис. 1 (стр. 62), отличающихся темпом ускорения роста после 1908 г. Были вычислены средние содержания элементов в почве и в растительности по каждой зоне. Результаты, полученные при этом для некоторых элементов, иллюстрируются табл. 3.

Таблица 3

*Среднее содержание элементов по зонам с ускоренным
ростом растительности*

Почвы				Растения			
№№ зон		1	2	3	1	2	3
Ni	Н	$4,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
	Л	$2 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$			
Co	Н	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-4}$
	Л	$10 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^{-3}$	$14 \cdot 10^{-3}$			
Mo	Н	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-4}$
	Л	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	0			
Be	Н	$3 \cdot 10^{-5}$	$< 3 \cdot 10^{-5}$	0	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-4}$	0
	Л	$5 \cdot 10^{-5}$	0	0			
Y	Н	$3 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	0	$4,5 \cdot 10^{-2}$	0	0
	Л	$2 \cdot 10^{-4}$	0	0	$6,2 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0
Yb	Н	$3 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-5}$	0	$2,6 \cdot 10^{-3}$	0	0

Обозначения: Н — Новосибирск, Л — Ленинград.

Абсолютные значения средних содержаний по ряду элементов несколько отличаются от приведенных в табл. 2, так как усреднение проводилось по всем породам деревьев. Это можно считать допустимым, так как число проб каждой породы во всех зонах было приблизительно оди-

наковым. Интерес представляют прежде всего элементы, обнаруживающие уменьшение среднего содержания во второй и третьей зонах по сравнению с центральной. Такая закономерность наблюдается в почве для Са, Мп, Мо, Ве, У, Yb, Zn, Ni, Р; в растительности — для Ni, Ti, Y, Yb, La, Се, К, Sr, Ва. Среднее содержание Мо, Ве, У, Yb, La близко к пределу чувствительности метода, поэтому для них правильное говорить не об увеличении содержания, а о большей частоте встречаемости в центральной зоне. Наиболее существенная разница в содержании элементов по зонам проявляется в почве для молибдена, бериллия, иттрия и иттербия; в растительности — для никеля и редкоземельных элементов.

г) Послойное озоление

Анализ золы пяти слоев четырнадцати листовиц с г. Фаррингтон, проведенный в Москве и в Новосибирске, обнаружил заметное повышение содержания никеля и хрома в слое, включающем 1908 год. Слабое повышение содержания в во внутренних слоях намечается, по данным московской лаборатории, также для ванадия (табл. 4).

Таблица 4

*Результаты полуколичественного спектрального анализа
послойно озоленных проб древесины листовицы
с г. Фаррингтон*

Слой	Содержание элементов, %					
	Никель		Хром		Ванадий	
	Москва	Новосиб.	Москва	Новосиб.	Москва	Новосиб.
кора	0,001	0,001	0	0,002	0,001	0
1960—1940	0,002	0,001	0,03	0,001	0,003	0
1940—1920	0,001	0,001	0,06	0,02	0,003	0
1920—1900	0,01	0,002	0,1	0,02	0,006	0
старше 1900 г.	0,005	0,002	0,03	0,001	0,006	0
чувстви- тельность анализа	< 0,001	< 0,001	< 0,003	< 0,001	0,001	0,001— —0,003

На г. Стойкович и вблизи Южного болота озолелись листовицы моложе 50 лет. Резких колебаний в содержании каких-либо элементов в их золе не обнаружено. Полуколичественный спектральный анализ проб послойного озоления по радиусам (проведен только в Новосибирске) также не выявляет каких-либо четких закономерностей. Такой же результат получен при анализе слоев торфяного покрова.

Некоторые выводы и рекомендации

Первая попытка применения геохимических методов для поисков вещества Тунгусского метеорита показывает, что в изучаемом районе выявляется повышенное содержание ряда химических элементов как в почвах, так и в растительности, что может рассматриваться как геохи-

мические аномалии различного происхождения. Геохимические аномалии никеля и, возможно, кобальта (элементов, присутствующих в повышенном содержании в обычных метеоритах), тяготеющие к центру вывала леса, могут в принципе быть связаны с выполнением вещества метеорита и в связи с этим могут рассматриваться как предполагаемые космохимические аномалии.

Следует отметить, что некоторые аномалии, выявленные в результате настоящей работы, могут не подтвердиться при более точных исследованиях, т. к. точность применявшегося полуколичественного спектрального анализа проб недостаточна для надежного выявления и оконтуривания аномалий, превышающих фоновое содержание в 2—5 раз.

Основные направления дальнейших поисков вещества Тунгусского метеорита, по нашему мнению, заключаются в следующем:

1. Необходима проверка более точными методами и при более густой сети отбора проб наличия намечающейся никелевой аномалии, в радиусе до 5—8 км от центра вывала, а также аномалий других элементов, в первую очередь кобальта, лантана, церия, иттрия, иттербия и бериллия.

2. Необходимо доказать, что выявленные геохимические аномалии, если они подтверждаются в дальнейшем, связаны с Тунгусским метеоритом, т. е. являются космохимическими аномалиями. Это можно сделать, главным образом, путем сопоставления содержания элементов, имеющих аномальные концентрации в слое, включающем 1908 год, и в более глубоких горизонтах почвы и торфа.

3. Необходимо обеспечить как можно более точное определение изучаемых химических элементов в пробах почв и растений.

В получении и обработке материалов этой статьи, кроме авторов, принимали участие: Г. М. Иванова, А. П. Бояркина, Д. В. Демин, Р. Ф. Кожемяк, Л. Ф. Шикалов, В. М. Черников, В. И. Говорухин, А. Ф. Райфельд, Г. Д. Бердышев, Н. И. Некрытов, А. Г. Ильин, Г. Ф. Карпунин, В. Л. Азаров, В. И. Новожилов, А. И. Муравьев, Г. М. Иконникова, Р. К. Журавлева, Л. И. Лагутская, Г. А. Трухачев, Г. М. Зенкин, А. С. Ероховец, Г. М. Тяпкина, Л. В. Бородин, Г. П. Колбкова, А. С. Тульский, М. А. Лаврентьев, Г. М. Гречко, В. С. Коробейников, А. И. Попов, А. А. Столповский, Ю. Л. Кандыба, Г. Ф. Плеханов, Н. В. Васильев, В. П. Краснов, А. Н. Вербицкий, В. М. Кувшинников, Л. А. Бабаджанян, А. О. Егоршин, Ю. Н. Андреев, С. В. Журавлева, А. И. Ерошкина, И. А. Данилова.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия, № 1, 1956.
2. Большая Советская Энциклопедия. а) т. 10, стр. 586; б) т. 27, стр. 289; в) т. 43, стр. 51.
3. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, М., 1957.
4. Русанов А. К., Хитров В. Г. Заводская лаборатория, № 2, 1957.
5. Краткое руководство. Приближенный количественный спектральный анализ минерального сырья, основанный на ослаблении интенсивности спектральных линий на 3 порядка. Под ред. Клер М. М. Госгеолтехиздат, М., 1959.
6. Чесноков О. Ф., Сухневич В. С. Заводская лаборатория, № 12, 1960.
7. Ковда В. А., Якушевская И. В., Тюрюканов А. Н. Микроэлементы в почвах Советского Союза. Изд-во МГУ, М., 1959.
8. Емельянов Ю. М., Некрасов В. И. Об аномальном росте древесной растительности в районе падения Тунгусского метеорита. ДАН СССР, т. 135, № 5, стр. 1266, 1960.

Some data concerning distribution of chemical elements in soil and plants
at the region of Tungus meteorite fall.

A. L. Kovalevsky, I. V. Resnikoff, N. G. Snopoff,
A. B. Osharoff, V. K. Zhuravleff.

In 1959—60 for the first time it was made an attempt to find out Tungus meteorite substances by means of metallometry and florometry. Contents of 49 chemical elements in soil and plants in the region of broken—down forest were examined. The most regular contents alteration by profiles crossing the explosion epicentrum is admitted for nickel. In addition, it is noted an increased content of rare elements, molybdenum and beryllium at epicentrum. This augmentation may be connected as with supposed cosmochemical anomaly so with peculiarities of geological structure of that region. It is proposed a schema for further investigations.
