

ПРОБЛЕМА
ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА
(СБОРНИК СТАТЕЙ)

О РАДИОАКТИВНОСТИ ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ В РАЙОНЕ ПАДЕНИЯ ТУНГУССКОГО МЕТЕОРИТА

Л. В. КИРИЧЕНКО, М. П. ГРЕЧУШКИНА

В 1960 г. в комплексной самодеятельной экспедиции на место падения Тунгусского метеорита наряду с другими исследованиями были запланированы работы по изучению радиоактивности данного района.

Цель работ:

1. Установить, существует ли повышенная радиоактивность почвы и растений в районе падения Тунгусского метеорита в сравнении со смежными районами.

2. Определить природу радиоактивности исследуемого района.

3. Выяснить, существуют ли особенности в распределении радиоактивных веществ или некоторых химических элементов в отложениях, датируемых 1908 г., и которые не перемешивались или мало перемешивались отложениями смежных годов. Такими стратифицированными отложениями являются донные отложения ила в реках и озерах, годичные кольцевые приросты деревьев, годовые отложения льда на больших ледниках. Для послойного отбора проб с хронологической привязкой можно также использовать особенности некоторых видов мхов.

Радиоактивность почвы

В 1960 г. в районе падения Тунгусского метеорита была проведена подробная наземная β -съемка. Условно в дальнейшем мы будем называть районом падения район радиального вывала леса, эпицентром взрыва — область Южного и Северного болот, отправной точкой всех радиальных маршрутов — вершину Стойковича. Съемка производилась полевыми радиометрами ПГР, имеющими кассету из 4 счетчиков СТС-6 с площадью окна 150 см². Нижний предел чувствительности прибора находился на уровне 5—10 мк $\frac{\text{рентген}}{\text{час}}$.

При измерениях кассета устанавливалась непосредственно на землю, при этом прибор регистрировал суммарный эффект β - и γ -излучения, после чего окно счетчиков закрывалось стальным экраном и измерялось γ -излучение. Разность этих двух показаний давала величину интенсивности суммарного β -излучения поверхностного слоя почвы. Каждый пункт измерений на местности представлял среднее показание из 9 измерений, выполненных на площади радиусом 30 метров. Ввиду того, что в естественных условиях более 80% суммарной β -активности почвы обусловлено изотопом K^{40} , в качестве эталона при измерениях активности почвы мы использовали KCl в котором содержится постоянный процент K^{40} и энергетический спектр β -излучений которого наиболее близок к природному спектру почв. Показания приборов, характеризующие β -излучение поверхностного слоя почвы сравнительно с интен-

сивностью счета от толстого слоя KCl и конечный результат выражался как

$$\frac{\left(N_{\beta+\gamma} - N_{\gamma} \right) \frac{\text{ИМП. почвы}}{\text{МИН.}}}{\left(N_{\beta+\gamma} - N_{\gamma} \right) \frac{\text{ИМП. KCl}}{\text{МИН.}}}$$

Эта величина называется калиевой единицей (К. Е.) и характеризует интенсивность β -излучения измеряемой поверхности в сравнении с эталонной поверхностью. Проверка показаний приборов по эталону производилась ежедневно в начале и в конце работы, что позволяло контролировать стабильность работы аппаратуры.

Наиболее детальному обследованию подвергся район эпицентра между долинами рек Хушмо и Кимчу (рис. 1). Средний уровень β -излучения с поверхности почвы для эпицентра по данным 150 пунктов измерений составлял 0,15 калиевых единиц при диапазоне показаний 0,1 ÷ 0,2 К. Е. Участки с выходами горных пород обладают повышенной интенсивностью β -излучения в сравнении с низменными долинными участками, покрытыми наносным слоем почв. Максимальные уровни зарегистрированы у скал вершины Большая Лысая (0,24 К. Е.) и на склонах в районе водопада Чургим (0,23 К. Е.); минимальные — в пойме реки Хушмо (0,09 К. Е.) и на отдельных островках, состоящих из кочек, на Южном болоте (0,05 К. Е.).

Как подтвердили лабораторные анализы отобранных в этих местах проб почв, пониженные значения интенсивности излучения поверхностного слоя объясняются, в основном, не различным содержанием радиоактивных продуктов в почвах, а повышенной влажностью болотистых участков. С повышением влажности почвы увеличивается ее плотность, соответственно увеличивается поглощение β -частиц в почве и эффективность β -излучения с поверхности уменьшается. Во избежание заниженных показаний в дождливые дни, а также в утренние часы в период обильной росы β -съемка не проводилась.

Наряду с подробной съемкой центра были проведены измерения по 7 радиальным маршрутам на расстоянии 10—25 км от эпицентра, а также по тропе Кулика вплоть до Ванавары (рис. 2).

Радиальные измерения наглядно показали, что по всем маршрутам никакой тенденции к повышению или понижению уровня излучения не обнаружено. Диапазон колебаний величины поверхностного β -излучения лежит в пределах 0,1 ± 0,2 К. Е.

Если принять район Ванавары за контрольный, то можно говорить о тождественности характера поверхностного β -излучения районов Ванавары и эпицентра.

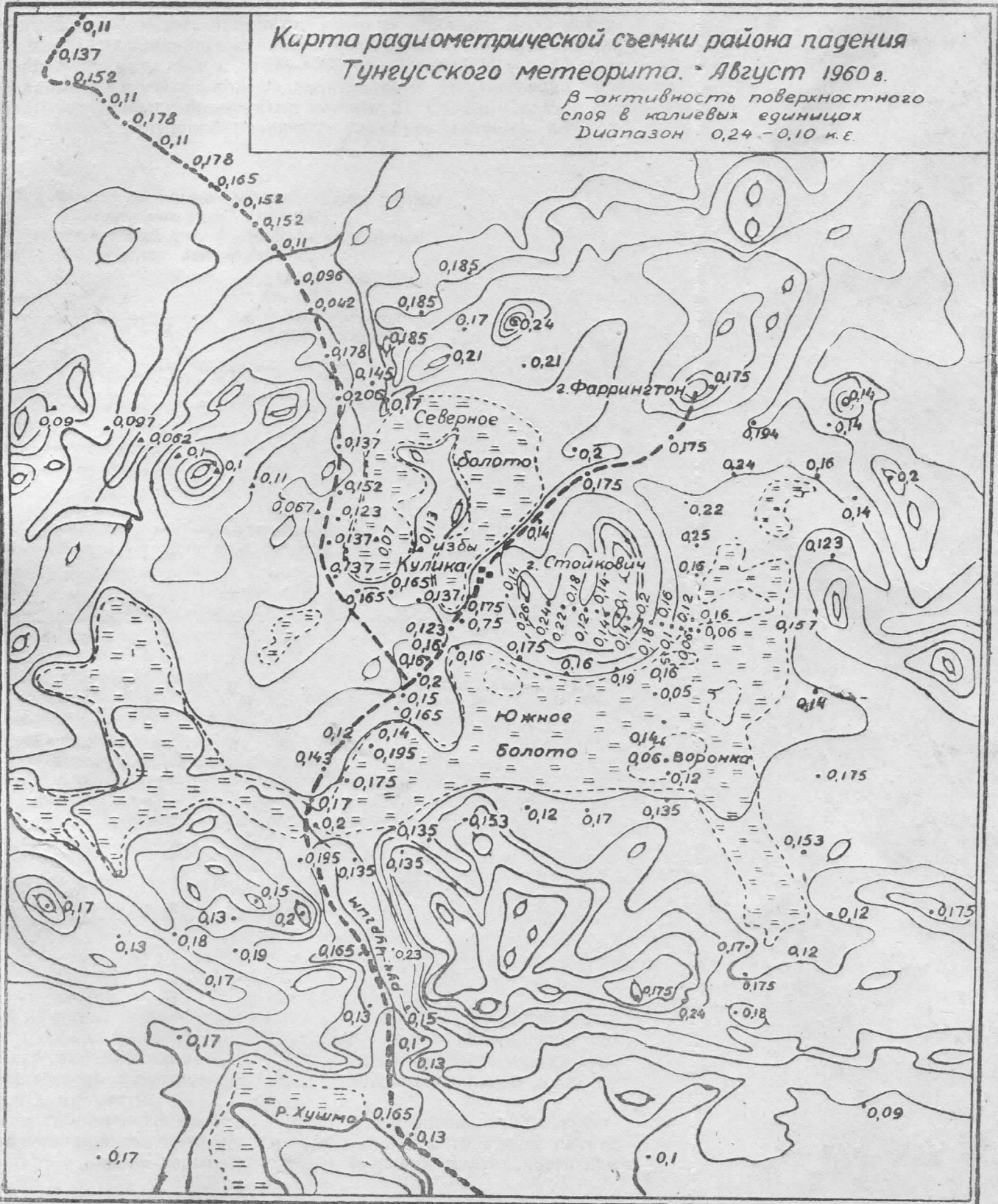
В целом же по измерениям 1959 и 1960 гг. ряд районов, имеющих аналогичный ландшафт — сопки, покрытые тайгой, перемежающиеся болотами, характеризуются также уровнями поверхностного β -излучения в пределах 0,1 ÷ 0,3 К. Е. при среднем уровне 0,15 К. Е.

Наземная съемка только в первом приближении характеризует радиоактивность района, но не дает точного ответа на вопрос, какова концентрация радиоактивных веществ в почвах и каков их изотопный состав.

В настоящее время активность поверхностного слоя почв имеет двойное происхождение: естественное, обусловленное повсеместным присутствием в тех или иных концентрациях природных радиоактивных элементов K^{40} , Ra, U, Th; и искусственное вследствие осаждения из атмос-

Карта радиометрической съемки района падения
Тунгусского метеорита. Август 1960 г.

β -активность поверхностного
слоя в калиевых единицах
Диапазон 0,24 - 0,10 к.е.



отборе проб и попытках отбора проб, в которых бы отсутствовали продукты современных ядерных испытаний.

Для лабораторных анализов почвы были отобраны пробы почв в 12 точках на различных расстояниях от эпицентра. Исходя из данных, что современные глобальные выпадения задерживаются в верхнем слое почвы и скорость миграции вглубь искусственных продуктов для нетронутых целинных участков незначительна, была принята методика отбора, когда каждая проба представляла собой слой почвы вместе с органической подстилкой глубиной 5 см и площадью 20×30 см. Наряду с поверхностными пробами отбирались пробы с глубины от 5 до 25 см.

Предполагалось, что радиоактивность глубинных проб должна быть, в основном, естественного происхождения и повышенное содержание искусственных радиоактивных продуктов могло быть показателем того, что в исследуемом районе задолго до современных выпадений было выпадение осколочных продуктов, успевших за 50 лет мигрировать на большую глубину. Кроме того, были отобраны поверхностные и глубинные пробы под полами охотничьих изб, расположенных в районе эпицентра (заимка Кулика) и в 7 км от эпицентра на реке Хушмо. Эти избы были построены Л. А. Куликом в 1928—1930 гг. Пол в обеих избах из массивных досок и ни разу не поднимался с момента строительства изб. Благодаря изоляции от атмосферных выпадений в пробах, отобранных под полом, должны были отсутствовать продукты современных глобальных загрязнений.

Всего было отобрано и проанализировано в лаборатории 22 пробы почвы. Суммарная β -активность почвы определялась радиометрическим методом на установке для измерений проб большого объема малой удельной активности с использованием счетчиков СТС-6. Перевод интенсивности счета пробы в удельную активность производится методом сравнения с интенсивностью счета эталона. Результаты выражались в калиевых единицах. Максимальная ошибка при определении суммарной удельной β -активности не превышала 5%, или 0,002 К. Е.

Определение естественной компоненты — K^{40} , Ra, Th производилось на сцинтилляционном γ -спектрометре. Точность измерений зависела от концентрации радиоактивных продуктов в измеряемой пробе. Так, при весовых концентрациях K в пробе порядка 1—3% относительная ошибка определения K не превышала 15%. При концентрации Ra и Th порядка 10^{-4} % максимальная относительная ошибка для Th равнялась 15%, а для Ra — 25%.

Определенные весовые концентрации переводились расчетным путем в удельную активность проб (распады/мин. грамм). Сумма распадов всех элементов с учетом присутствия U, находящегося в равновесии с Ra, выражалась в калиевых единицах как естественная компонента β -активности измеряемой пробы.

Общая максимальная относительная ошибка при этом не превышала 20%, так как основной вклад в суммарную естественную β -активность падал на долю K^{40} (свыше 80%).

Содержание K, Ra и Th в почвах, отобранных в районе Тунгусской катастрофы, приведено в табл. 1 (стр. 149). В этой же таблице дана удельная радиоактивность каждого из природных продуктов на грамм пробы.

Из табл. 1 видно, что концентрации природных радиоактивных элементов в исследуемых почвах находятся в пределах кларковых содержания этих элементов в земной коре.

Так, содержание K в нормальных почвах равно 1,25—2,3%;

в торфяных	0,04—0,10 %;
в щелочных породах	3,7 —4 %.

Изменения К по глубине почвы до 0,5—0,7 м не превышают 5—15% [1].

Кларковые содержания других радиоактивных элементов в почвах равны для U $2,6—4,0 \cdot 10^{-4}$ %;

Ra $0,5—1,1 \cdot 10^{-4}$ % гр. экв. U;

Th $2,5—12 \cdot 10^{-4}$ % [2].

Результаты определения естественной и искусственной радиоактивности в пробах почв из района падения Тунгусского метеорита приведены в табл. 2 (см. стр. 150).

Суммарная радиоактивность поверхностных проб повсеместно вдвое превышает активность проб, отобранных с глубины 5—25 см. Естественная же компонента радиоактивности почв почти не меняется с глубиной и для всего района характеризуется высокой стабильностью (0,046—0,027 К. Е.).

Искусственная радиоактивность поверхностного слоя равна 0,062—0,015 К. Е. Такая величина поверхностных загрязнений лежит в пределах, характерных для общей величины загрязнений, вызванных глобальными выпадениями продуктов атомных и термоядерных взрывов. Например, на 1959 г. для средневропейской полосы (Московская и Ленинградская области) при суммарной β -активности почв 0,12—0,06 К. Е., вклад осколочных продуктов в поверхностный пятисантиметровый слой равен 0,07—0,025 К. Е., что соответствует загрязненности поверхностного слоя почвы осколочными продуктами 0,3—0,6 кюри/км² [3].

Экспериментальные данные на примере почв Московской области показывают, что в верхнем слое почвы толщиной 5 см удерживается основная часть (80—90%) находящегося в почве Sr^{90} [4].

Это подтверждается и в пробах, отобранных в районе падения Тунгусского метеорита: присутствие искусственных радиоактивных продуктов в пробах, отобранных с глубины свыше 5 см, выражается тысячными долями калиевой единицы, т. е. на грани точности измерений. В отношении поверхностного слоя содержание осколочных продуктов в них не превышает 15—20%. Более того, вероятно, в большинстве случаев современные радиоактивные выпадения задерживаются в еще более тонком поверхностном слое. Примером может служить проба, в которой был снят и не включен в анализ верхний органический слой, состоящий из опавшей хвои лиственницы, толщиной в 1 см. Активность этой пробы на 95% была обусловлена природными изотопами.

Тщательное исследование проб, отобранных под пологом изб, показало, что почвы в районе падения метеорита, защищенные от современных атмосферных выпадений, не содержат искусственных продуктов ни в верхнем слое, ни на глубине.

Выводы

Радиометрическая съемка и анализ проб почв района падения Тунгусского метеорита показали, что этот район по содержанию естественных радиоактивных продуктов ничем не отличается от районов с аналогичным ландшафтом, а уровень загрязнений поверхностного слоя почвы радиоизотопами искусственного происхождения обусловлен современными глобальными выпадениями продуктов ядерных взрывов.

Радиоактивность растений

Растения, как известно, поглощают из почвы различные химические элементы, а, следовательно, и их радиоактивные изотопы. Некото-

рые виды растений обладают способностью накапливать радиоактивные вещества.

Измерение радиоактивности золы растений является методом более чувствительным, чем определение радиоактивности почв, если предполагается выделить некоторую закономерность в распределении радиоактивных веществ на изучаемой площади.

Для определения радиоактивности растений в Тунгусской экспедиции применялась следующая методика — около одного килограмма растений выбранного вида озолялось на стальных противнях на костре; собранная зола в лаборатории (в Москве) прокаливалась окончательно в муфельной печи при температуре не выше 600°C и поступала на радиометрический анализ; измерение радиоактивности проводилось на торцевом β -счетчике СИ-2-Б (толщина слюды окошка приблизительно 5 мг/см^2) с установкой «Б». Введение поправок на самоослабление излучения в источнике, на поглощение излучения в воздухе и слюде счетчика, на обратное рассеяние от подложки и на геометрию счетной установки позволило определить радиоактивность растений в распадах в минуту на грамм золы (расп/мин. гр.)*. Ошибка измерений для большей части проб не превышала 15—20%.

Значительная доля радиоактивного излучения большинства видов растений обусловлена содержанием естественного калия. Радиоактивный изотоп калия — K^{40} (период полураспада $T_{1/2} = 1,4 \cdot 10^9$ лет) содержится в естественной смеси изотопов в количестве 0,0119%, и 1 грамм естественного калия излучает 1680 β -частиц в минуту.

В пробах золы растений с места падения Тунгусского метеорита содержание калия было определено методом пламенной фотометрии, а затем рассчитана радиоактивность за счет содержания K^{40} .

Измерение радиоактивности некоторых видов растений

Определение содержания радиоактивных продуктов проводилось для растений 16 видов: мох сфагнум (*sphagnum fuscum*), лишайник, «медвежье ухо» (*peltigera*), лишайник «олений мох», багульник, голубика, карликовая березка (ветки с листьями), вереск «шикша» (*empetrum nigrum*), хвоя лиственницы, толокнянка, черная смородина (ветки с листьями), можжевельник (ветки с хвоей), шиповник (ветки с листьями), листья березы, кипрей, осока и листья ольхи.

Отбор проб растений был произведен в районе падения метеорита в нескольких пунктах: для некоторых видов — голубика, багульник, кипрей и др. — это 15—20 точек, для других видов — 5—10 точек и для ряда видов — это всего одна точка отбора — у изб Кулика на горе Стойковича. Для сравнения было отобрано по одной пробе растений всех исследуемых видов в Ванаваре (ближайший населенный пункт от места падения — 65 км по прямой) и по одной пробе под Москвой. Всего было проанализировано 150 проб растений.

Результаты измерений показали, что никакой закономерности в распределении радиоактивности растений, собранных с разных участков исследуемого района, не наблюдается. Радиоактивность, которая является прежде всего характеристикой вида растений и отражает, несомненно, условия произрастания, колеблется в районе падения метеорита от одной пробы к другой для одного и того же вида не более, чем в 1,5 раза.

* Ввиду того, что нам неизвестен состав излучателей, мы считали число испускаемых пробой β -частиц равным числу распадов.

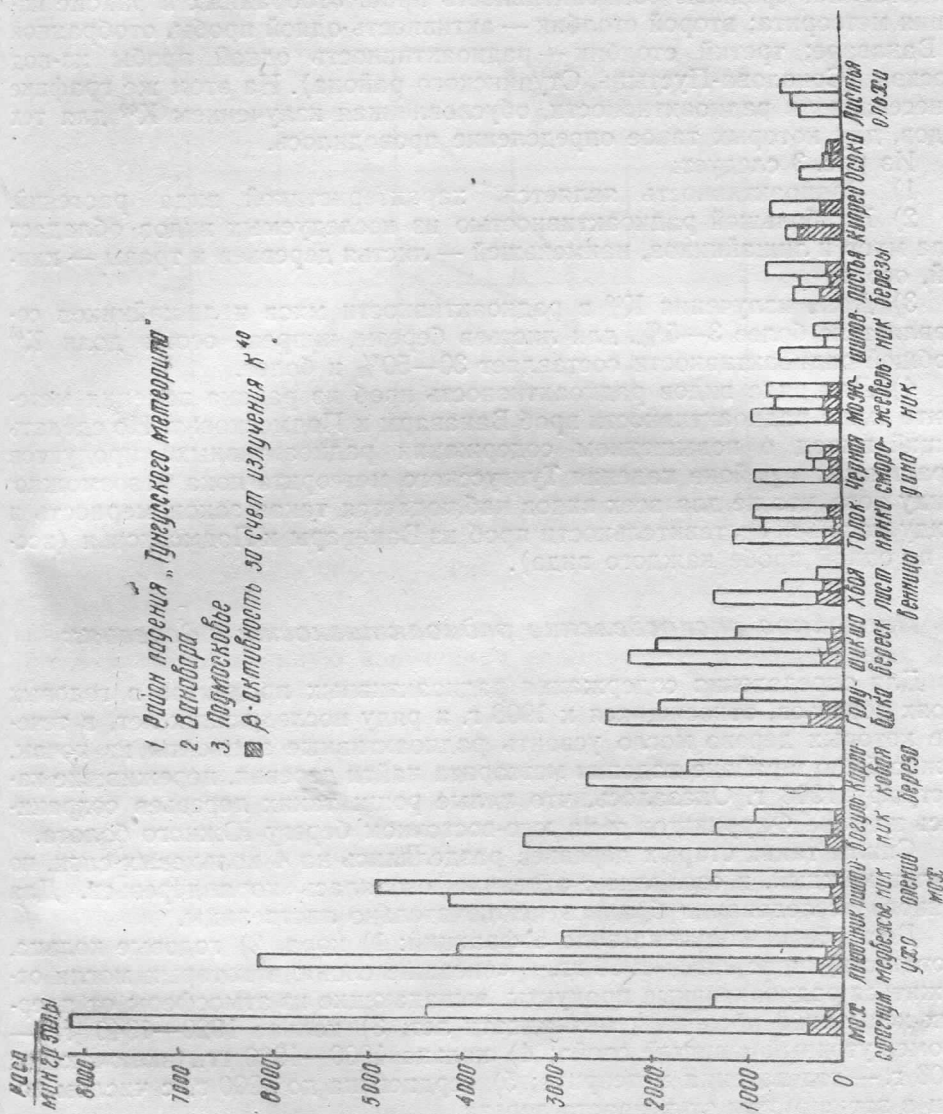


Рис. 3.

Ввиду того, что для растений не было обнаружено тенденции к повышению содержания радиоактивных веществ на каком-либо участке обследуемой территории, все значения радиоактивности для каждого вида были усреднены.

На рис. 3 представлена радиоактивность в распадах в минуту на грамм золы для 16 рассматриваемых видов растений: первый столбик представляет среднюю радиоактивность проб, отобранных в районе падения метеорита; второй столбик — активность одной пробы, отобранной в Ванаваре; третий столбик — радиоактивность одной пробы из-под Москвы (Соколова-Пустынь, Ступинского района). На этом же графике нанесена доля радиоактивности, обусловленная излучением K^{40} для тех видов, для которых такое определение проводилось.

Из рис. 3 следует:

1) Радиоактивность является характеристикой вида растений.
2) Наибольшей радиоактивностью из исследуемых видов обладает зола мхов и лишайников, наименьшей — листья деревьев и травы — кипрей, осока.

3) Доля излучения K^{40} в радиоактивности мхов и лишайников составляет не более 3—5%, для листьев березы, кипрея, осоки доля K^{40} в общей радиоактивности составляет 30—50% и более.

4) Для ряда видов радиоактивность проб из района падения метеорита выше радиоактивности проб Ванавары и Подмосковья. Но сделать общий вывод о повышенном содержании радиоактивных продуктов в растениях в районе падения Тунгусского метеорита пока невозможно ввиду того, что не для всех видов наблюдается такая закономерность и ввиду малой представительности проб из Ванавары и Подмосковья (все-го по одной пробе каждого вида).

Послойное распределение радиоактивности в деревьях

Для определения содержания радиоактивных продуктов в годовых слоях деревьев, относящихся к 1908 г. и ряду последующих лет, в течение которых дерево могло усвоить радиоактивные элементы из почвы, нужно было в районе падения метеорита найти деревья, пережившие катастрофу 1908 г. Оказалось, что целые рощи таких деревьев сохранились на горе Фаррингтон и на юго-восточном берегу Южного болота.

Спилы таких старых деревьев разделялись на 4 кольцевых слоя, по 20 лет каждый, и озолялись; отдельно озолялась кора деревьев. Для данного исследования брались исключительно листовицы.

Всего была получена зола 5⁺ фракций: 1) кора, 2) годовые кольца, соответствующие 1940—1960 гг. — «внешние слои», в которых могли отложиться радиоактивные продукты, выпадающие из атмосферы от ядерных испытаний последних пятнадцати лет; 3) кольца 1920—1940 гг. — промежуточный «чистый слой»; 4) кольца 1900—1920 гг., включающие 1908 г. — год падения метеорита; 5) сердцевина до 1900 г. с числом колец в зависимости от возраста дерева.

Кроме старых деревьев на горе Стойковича (в районе изб Кулика), было спилено для анализа несколько молодых листовиц, выросших после катастрофы 1908 г. Эти деревья разделялись всего на 2 фракции: 1) кольца 1945—1960 гг., 2) сердцевина до 1945 г.

Все фракции были озолены на месте в тайге. Из лучинок складывался маленький костерик на металлической решетке; зола просыпалась сквозь дырочки решетки на стальные противни, с которых собиралась в мешки для отправки в лаборатории. Всего таким образом было получено около 15 кг золы.

Для каждой фракции определялась общая β -активность золы в расп/мин · г и радиоактивность K^{40} .

Результаты измерений представлены на рис. 4.

Верхние две линии относятся к молодым деревьям — измерения общей радиоактивности и активности K^{40} ; три нижние кривые представляют общую β -активность деревьев, переживших катастрофу, по слоям А;

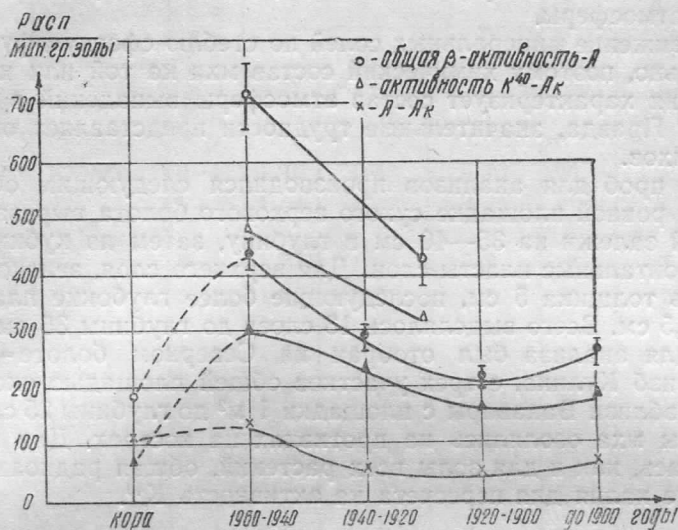


Рис. 4.

активность, обусловленную «излучением» K^{40} — A_k , и разницу — « $A - A_k$ », обусловленную излучением естественных радиоактивных элементов U, Ra, Th и искусственно радиоактивных осколков от ядерных взрывов.

Из рис. 4 следует:

1) Молодые деревья, выросшие после катастрофы 1908 г., обладают большей радиоактивностью, чем старые, и большим содержанием К.

2) Для всех деревьев внешние слои 1940—1960 гг. более радиоактивны, чем слои более ранних лет.

3) Содержание К (а следовательно, и радиоактивность за счет K^{40}) во внешних слоях больше, чем в более глубоких, что вполне согласуется с известными представлениями о поведении калия в растениях — калий обычно из отмирающих, слабо функционирующих частей растений перемещается в молодые, растущие.

4) Слои 1900—1920 гг. (включающие 1908 г.) не обладают повышенной радиоактивностью по сравнению с соседними фракциями.

5) Излучение K^{40} составляет около 70% общей радиоактивности золь лиственци для всех фракций, кроме коры, надкалиевая радиоактивность « $A - A_k$ », очевидно, обусловлена содержанием в древесине естественных радиоактивных элементов U, Ra и Th для годовых колец 1940—1920 и ранее, а для внешних колец 1940—1960 гг. — естественными и искусственными радиоактивными изотопами.

Распределение радиоактивности мха по глубине

Некоторые виды мхов так же, как и деревья, могут служить объектом исследования для выделения слоя 1908 г.

Мох растет таким образом, что его нижние части стеблей постепенно отмирают, слеживаются и образуют торфяную залежь, а верхние растут, получая минеральное питание из нижних отмирающих слоев и с атмосферными осадками.

В районе падения Тунгусского метеорита для исследования был выбран мох сфагнум-фускум, который крайне мало нуждается в минеральных солях и почти не берет их из почвы, а довольствуется тем, что выпадает из атмосферы.

Передвижение минеральных солей по стеблю сфагнум-фускум очень незначительно, поэтому химический состав мха на той или иной глубине залегания характеризует состав атмосферы выпадений в определенное время. Правда, значительные трудности представляет определение возраста мхов.

Отбор проб для анализов производился следующим образом: на выбранной ровной площадке сухого верхового болота вырезались кубики моховой залежи на 35—40 см в глубину, затем из кубиков нарезались горизонтальные пласти-слои. Для верхнего слоя, зеленого и живого, бралась толщина 5 см, последующие более глубокие пласти имели толщину 2,5 см. Всего выделялось 13 слоев до глубины 35 см.

Мох для анализа был отобран на Северном болоте — примерно в 1 км от изб Кулика, с трех участков общей площадью около 20 м² и на болоте вблизи Ванавары с площадки 1 м² до глубины 25 см (9 слоев).

Пласты мха озолялись на противнях на кострах. Для золы мхов определялась, как и для золы всех растений, общая радиоактивность и содержание калия для пересчета на активность К⁴⁰.

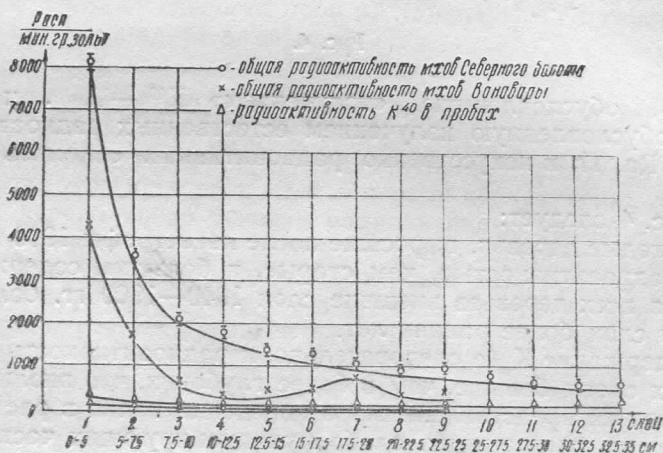


Рис. 5.

Результаты измерения радиоактивности представлены на рис. 5. Верхняя кривая соответствует изменению общей радиоактивности мха с глубиной для участка Северного болота, вторая кривая — изменению активности мха с глубиной для болота под Ванаварой. Две нижние линии изображают радиоактивность К⁴⁰ в используемых слоях мха для Северного болота и Ванавары соответственно. По оси абсцисс отложен номер слоя и глубина слоя в сантиметрах. При камеральном определении возраста слоев торфа было установлено, что слой 1908 г. находится в мерзлоте и не был взят для анализа.

Из рис. 5 можно заключить:

1) Радиоактивность моховой залежи резко падает с глубиной. Ра-

Таблица 1

Содержание К, Ra и Th в почвах района падения
Тунгусского метеорита

Место взятия пробы	Уровень отбора пробы (см)	Весовые концентрации элемента			Активность изотопа (в распадах) мин на грамм почвы		
		К %	Ra·10 ⁻⁴ %	Th·10 ⁻⁴ %	K ⁴⁰	Ra в равновесии с U	Th-равновесный
Эпицентр у изб Кулика	0—5	1,19	1,52	5,03	20	5,6	2,7
"	5—25	1,24	1,47	4,32	21	5,4	2,3
Водопад Чургим, 3,5 км на юг от ЭЦ	0—5	1,31	1,94	3,9	22	7,1	2,1
"	5—25	1,20	2,01	3,52	20	7,4	1,9
Р. Хушмо, 7 км на юг от ЭЦ	0—5	1,74	1,36	4,08	29	5,0	2,2
"	5—25	1,46	1,27	4,44	24,5	4,7	2,4
Тропа Кулика, 15 км на юг от ЭЦ	0—5	1,92	1,00	2,94	32	3,6	1,6
"	5—25	1,57	0,96	2,93	26,5	3,5	1,6
Ванавара, 65 км на юг от ЭЦ	0—5	1,94	1,16	2,42	32,5	4,2	1,3
"	5—25	1,62	1,00	3,18	27	3,6	1,7
8 км на СВ от ЭЦ	0—5	1,27	0,9	4,14	21,5	3,3	2,2
Оз. Чеко, 8 км на север от ЭЦ	0—5	1,76	0,83	2,28	29,5	3,1	1,2
"	5—25	1,12	0,91	3,5	19	3,3	1,9
Гора Стойковича на СЗ от ЭЦ	0—5	1,25	1,55	6,26	21	4,6	3,3
Под полом 1 избы Кулика, эпицентр	0—5	1,42	0,9	3,78	24	3,3	2,1
"	5—25	1,43	1,02	5,15	24	3,7	2,5
Под полом охотничьей избы на р. Хушмо, 7 км от ЭЦ	0—5	1,47	0,65	2,87	25	2,4	1,5
"	5—25	1,48	0,9	3,63	25	3,3	1,9

диоактивность верхнего слоя в 8—10 раз выше радиоактивности на глубине 25—35 см.

2) Радиоактивность всех слоев мха с участка Северного болота в 2—3 раза выше радиоактивности соответствующих слоев мха с участка болота Ванавары. Это различие может быть обусловлено особенностями выбранных участков, т. е. тем, что по каким-то местным причинам случайно выбранный один участок болота Ванавары обладает меньшим содержанием радиоактивных веществ, чем окружающие участки, или общей повышенной радиоактивностью мхов на Северном болоте по сравнению с болотами Ванавары.

3) Излучение K⁴⁰ составляет ничтожную часть в общей радиоактивности верхних слоев мха (1—3%); для более глубоких слоев, хотя абсолютное число распадов падает за счет K⁴⁰ (процент содержания калия

*Радиоактивность почв из района падения
Тунгусского метеорита. Лето 1960 г.*

Место взятия пробы	Уровень отбора пробы (с.м)	Суммарная β-актив- ность в К. Е. = ± 0,002 К. Е.	Естественная компонента β-активности		Искусственная β-активность			Характеристи- ка места отбора
			К. Е. ± 20 % =	% от общ. активн.	К. Е. 0,008 ± Е. К.	% от общей активности		
						по- верх- ноств.	глу- бин.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эпицентр у избы Ку- лика	0—5	0,063	0,032	51	0,031	49	16	Склон к юж- ному болоту, покрытый мел- ким кустар- ником
	5—25	0,041	0,036		0,005			
Водопад Чургим, 3,5 км на юг от ЭЦ	0—5	0,0615	0,031	50,5	0,0305	49,5		На камени- стых склонах
	5—25	0,037	0,032		0,006		20	
Р. Хушмо, 7 км на юг от ЭЦ	0—5	0,056	0,041	73	0,015	27		Высокий бе- рег реки под лиственницами
	5—25	0,036	0,035		0,001		7	
Тропа Кули- ка, 15 км на юг от ЭЦ	0—5	0,104	0,042	40	0,062	60		На открытом месте у болота
	5—25	0,039	0,036		0,003		5	
Ванавара, 65 км на юг от ЭЦ	0—5	0,077	0,043	56	0,034	44		Возвышенное плато с моло- дым ельником
	5—25	0,040	0,037		0,004		12	
8 км на СВ от ЭЦ	0—5	0,056	0,030	55	0,026	45		Лиственничная тайга
Оз. Чеко, 8 км на сев. от ЭЦ	0—5	0,062	0,038	61	0,024	39		В низине на Западном бе- регу озера
	5—25	0,031	0,027		0,003		12,5	
Гора Стой- ковича, 1 км на сев.-запад	1—5	0,036	0,034	95	0,002	5		Снят слой опавшей хвон лиственницы
3 км на ЮВ от ЭЦ	0—5	0,066						Склон сопки, поросший тай- гой
Водопад Чургим, 3,5 км на юг	0—5	0,0525						Наносные от- ложения меж- ду камнями ручья
Под полом 1 избы Ку- лика в эпи- центре	0—5	0,038	0,033	87	0,005			

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Под полом 1 избы Ку- лика в эпи- центре	5—25	0,035	0,0345		0,0005			
Под полом охотничьей избы у р. Хушмо	0—5	0,0315	0,033					
"	5—25	0,037	0,034		0,003			

Пределы изменения концентраций радиоактивности почв района падения Тунгусского метеорита (в калиевых единицах)	Поверхностные	0,108—0,052	0,062—0,015
	Глубинные	0,045—0,031	0,006
	Под избами	0,038—0,0315	0,003

убывает с глубиной), вклад его излучения в общую радиоактивность увеличивается до 10%.

Некоторое повышение радиоактивности 7 слоя мха Ванавары по сравнению с 6-м и 8-м слоями (к сожалению, анализировалась всего одна проба), несомненно, представляет интерес, хотя причины такого повышения не выяснены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сердобольский И. П. Калий. Изд-во АН СССР, 1944.
2. Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Изд-во АН СССР, 1957.
3. Шведов В. П. Сб. «Определение загрязнений биосферы продуктами ядерных испытаний», АН СССР, 1959.
4. Лебедянский А. В. Сб. «Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия», Атомиздат, 1959.

On radioactivity of soil and plants in the region of Tungus meteorite fall.

L. V. Kirichenko and M. P. Grechushkina.

A detailed survey — areal on ground at centrum and itinerary at distance of 48 km from the centrum — showed, that fluctuations of radioactivity in the region of Tungus meteorite fall do not exceed the background figures and have no regular reduction from centrum to periphery. The laboratory radiometry of soil tests taken in various parts of region and in spots screened from the global precipitations of last years allows to establish identity between the radioactivity of explored region and any other ones with similar landscape. Radioactivity measurement of larch ash from the centrum of catastrophe obtained by sheath wood ashing demonstrates the radioactivity rise only in last years. Measurements of ash radioactivity in diverse plants from the catastrophe region as well as at remoted spots reveal, that in catastrophe centrum the plants radioactivity in most cases is higher, however it is impossible to draw a general conclusion about the relationship between increased radioactivity and Tungus meteorite explosion epicentrum because of little representation of

