

О ВЫЯВЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДИСТАНЦИОННЫМ МЕТОДОМ ИОНОСФЕРНО-ТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ СЕВЕРНЫХ РАЙОНОВ СИБИРИ)

Авторами предложен новый геофизический метод исследования структур земной коры, основанный на эффекте взаимосвязи электромагнитных параметров литосферы, атмосферы, ионосферы и магнитосферы (террогенный эффект). Исследования в Норильском районе показали, что террогенный эффект в полярных сияниях может быть использован для выявления и прослеживания глубинных разломов и других геологических структур, перекрытых мощными толщами рыхлых и литифицированных отложений, вулканогенными образованиями (в частности траппами), обширными ледниковыми покровами и водными толщами на шельфе в высокоширотных зонах Земли.

Ключевые слова: полярные сияния; террогенный эффект; геологические структуры; шельф; Норильский район; Восточная Сибирь.

Успешные поиски месторождений полезных ископаемых в настоящее время требуют дальнейшего развития и совершенствования всего комплекса геологических и, в частности, геофизических методов, что, по нашему мнению, предполагает решение следующих задач: 1) увеличение дистанционности, т.е. одновременный охват съемкой с одной точки больших площадей при минимальном количестве чувствительных датчиков; 2) повышение точности и достоверности результатов измеряемых параметров физических свойств горных пород в естественном залегании; 3) создание экологически чистых методов, не нарушающих поверхностный покров земной поверхности (почву) и экологию водных бассейнов; 4) минимизация материально-технических ресурсов при производстве геолого-геофизических работ; 5) внедрение в практику новейших результатов фундаментальных научных исследований.

Указанным требованиям наиболее полно соответствуют дистанционные методы космической съёмки, которая выполняется в разных диапазонах электромагнитных волн и позволяет получить определенную информацию о морфологических элементах строения земной коры (разломы, линейaments, кольцевые структуры и т.д.), но глубина исследования этими методами ограничивается поверхностными слоями. Очевидно, что и в поверхностных слоях содержится некоторая информация о глубинном строении, но достоверных методов интерпретации этой информации на сегодня практически не существует.

Авторами в настоящей статье предлагается новый геофизический метод исследования структур земной коры на основе террогенного эффекта – эффекта взаимосвязи электромагнитных параметров земной коры, атмосферы, ионосферы и магнитосферы. Научные основы террогенного эффекта и методы его применения в геолого-геофизических исследованиях были разработаны и предложены сотрудниками Томского государственного университета и Заполярной комплексной геологоразведочной экспедиции Норильского ГМК Л.Н. Поповым и Ю.К. Краковецким в 1982–1989 гг. [1–4]. В дальнейшем эти работы проводились совместно с сотрудниками Института космофизических исследований и аэронауки Якутского филиала СО АН СССР В.П. Самсоновым и В.Г. Васильевой [5], а сами методы были использованы европейскими и американскими специалистами при исследовании различных регионов

Земли. В настоящее время террогенный эффект получил за рубежом название «реактивные эффекты в геологии». Последующее совершенствование этих методов было включено в число приоритетных задач Международной ассоциации геомагнетизма и аэронауки (МАГА).

Террогенный эффект в полярных сияниях обусловлен взаимосвязью электромагнитных параметров литосферы, атмосферы, ионосферы и магнитосферы, где в роли электромагнитного генератора выступает система «ионосфера – атмосфера – земля» в целом. При этом Земля является комплексной нагрузкой, которая определяет не только энергопотребление, но и частотные характеристики, как, например, у клистрона, магнетрона и т.п., работающего на длинную или короткую волновую длину. Ионосфера, возбуждаемая высыпавшимися из плазменного слоя потоками электронов, играет роль нелинейного активного элемента. Поле, создаваемое такой системой, сильно зависит от свойств всех составляющих системы, в том числе и от свойств нагрузки (Земли). Решаемая задача сводится к стандартной самосогласованной задаче [3]. Информационными параметрами являются интенсивность свечения верхней атмосферы и напряженность атмосферного электрического поля. Последняя может быть определена с помощью лазерных систем.

Экспериментальными исследованиями показано, что пространственное распределение свечения верхней атмосферы (ионосферы) в зоне высоких и средних широт имеет неоднородный характер и представляет собой совокупность зон аномалий, которые привязаны к наземным координатам. Эффект неоднородности пространственного распределения свечения верхней атмосферы и наземные координаты зон аномалий воспроизводимы в разные периоды съёмки, отличающиеся различной геомагнитной активностью. Проекция аномалий в пространственном распределении свечения верхней атмосферы на земную поверхность совпадают с зонами анизотропии физических свойств земной коры.

Характеристики свечения верхней атмосферы в зонах высоких и средних широт различны. В высоких широтах свечение при слабой геомагнитной активности не локализовано, интенсивность свечения зависит от уровня геомагнитной активности. При высокой геомагнитной активности свечение приобретает локальные формы с большой интенсивностью свечения (формы полярных сияний). В средних широтах свечение

также не локализовано, и интенсивность свечения зависит от геомагнитной активности. Локализация свечения в средних широтах происходит только в периоды сильных магнитных бурь. В переходной зоне, к которой относятся северные районы Томской области, свечение верхней атмосферы имеет как нелокализованный, так и локализованный характер. Контрастность свечения верхней атмосферы высоких широт больше контрастности излучения верхней атмосферы средних широт.

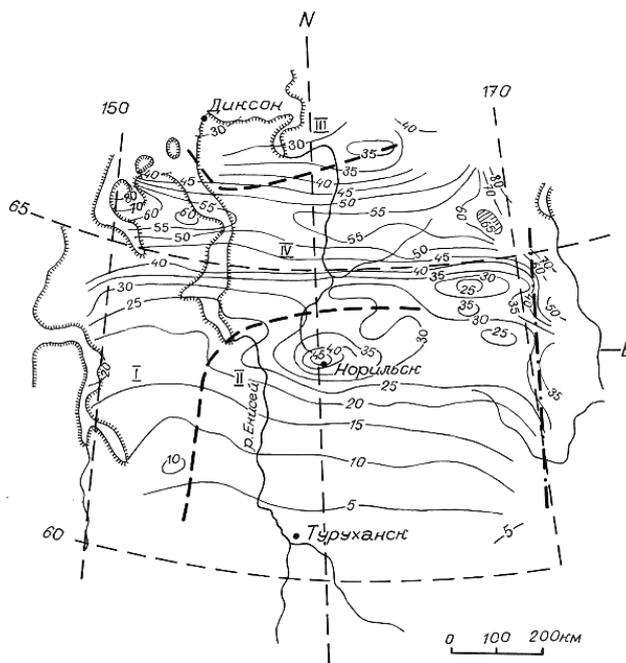
Современные исследования физики солнечно-земных связей, магнитосферно-ионосферной системы, процессов в средней и нижней атмосфере, а также обнаруженное соответствие структурных образований магнитосферы и литосферы показывают, что все геосферные оболочки являются звеньями одной многопараметрической системы с обратными связями, реализуемыми в значительной степени токовыми системами. Этот вывод В.А. Моргунов сделал в 1988 г. в предложениях комиссии «Глобальная электрическая цепь» по развитию исследований в рамках МГБП «Глобальные изменения» [3].

Первичные полевые данные были получены с использованием фотокамеры «всего неба» с углом зрения 180° конструкции профессора МГУ А.И. Лебедин-

ского со съёмкой на стандартную киноплёнку повышенной чувствительности (аскафильмы). Обработка аскафильмов производилась по специальным палеткам на аппарате «Микрофот» вручную. Карты неравномерностей распределения свечения ночного неба в масштабе 1: 5 000 000 строились на базе фиксации однородных дуг, лучистых дуг и отдельных лучей. Несовершенство методики не позволяло производить учёт однородных диффузных форм свечения ночного неба.

Экспериментальные исследования проводились в северных регионах Сибири сотрудниками Томского государственного университета совместно с геологами-производственниками с использованием данных сети обсерваторий Севера Сибири (Норильск, Салехард, Усть-Тарей, о-в Голомянный) и материалов Мирового центра данных В-2. При измерениях регистрировались только локальные формы свечения верхней атмосферы с большой интенсивностью свечения (полярные сияния) и строились карты частоты появления полярных сияний, спроектированные на земную поверхность.

Схема изолиний частоты появления полярных сияний в Норильском районе представлена на карте (рис. 1), построенной в исправленных геомагнитных координатах.



—5— Изолинии частоты появления полярных сияний.

— — — — — Границы сопряжения блоков земной коры.

— · — · — Транссибирский лимесмент.

I Западно-Сибирская плита.

II Сибирская платформа.

III Таймырская складчатая зона.

IV Енисей-Хатангский прогиб.

Рис. 1. Схема изолиний частоты появления полярных сияний в Норильском районе. Значения частоты полярных сияний приведены в относительных единицах

Центр координат карты расположен вблизи г. Норильска в точке с географическими координатами $\varphi = 89^{\circ}26'$ с.ш., $\lambda = 88^{\circ}05'$ в.д. Наряду с изолиниями частоты появления полярных сияний на карту нанесены крупнейшие структуры севера Сибирского региона.

В центре карты (см. рис. 1) на широте $\varphi = 89^{\circ}26'$ выделяется зона аномально повышенной частоты появления полярных сияний, хотя в соответствии с классической схемой изогазм полярных сияний область максимальной частоты на Таймырском полуострове находится на широте 74° [6]. Одной из возможных причин появления аномальной зоны повышенной частоты полярных сияний в центре карты может служить анизотропия физических и, в частности, электрических свойств подстилающей земной поверхности. Установленная аномалия характеризуется следующими свойствами: 1) она имеет кольцевую структуру; 2) частота появления полярных сияний в центре аномалии, расположенной южнее на 400 км от центра авроральной зоны, сравнима с частотой

появления полярных сияний в центре этой зоны. Центр аномалии совпадает по наземным координатам с крупнейшим в мире Норильско-Талнахским месторождением сульфидных полиметаллических руд. Структура земной коры в зоне аномалии характеризуется значительной анизотропией физических свойств, обусловленной наличием Норильско-Талнахского рудного узла и мощной верхнепалеозойской угленосной толщи, обладающих аномально повышенной проводимостью по сравнению с окружающими его породами. Открытая аномалия имеет прогностические признаки и может быть выделена в отдельный класс аномалий «норильского типа».

Достоверность выделения аномалии повышенной частоты полярных сияний над ст. Норильск подтверждается независимой съёмкой полярных сияний на ст. Усть-Тарей, расположенной на 445 км севернее ст. Норильск (рис. 2). На рис. 2 также чётко выделяется аномальная зона повышенной частоты появления полярных сияний в районе ст. Норильск.

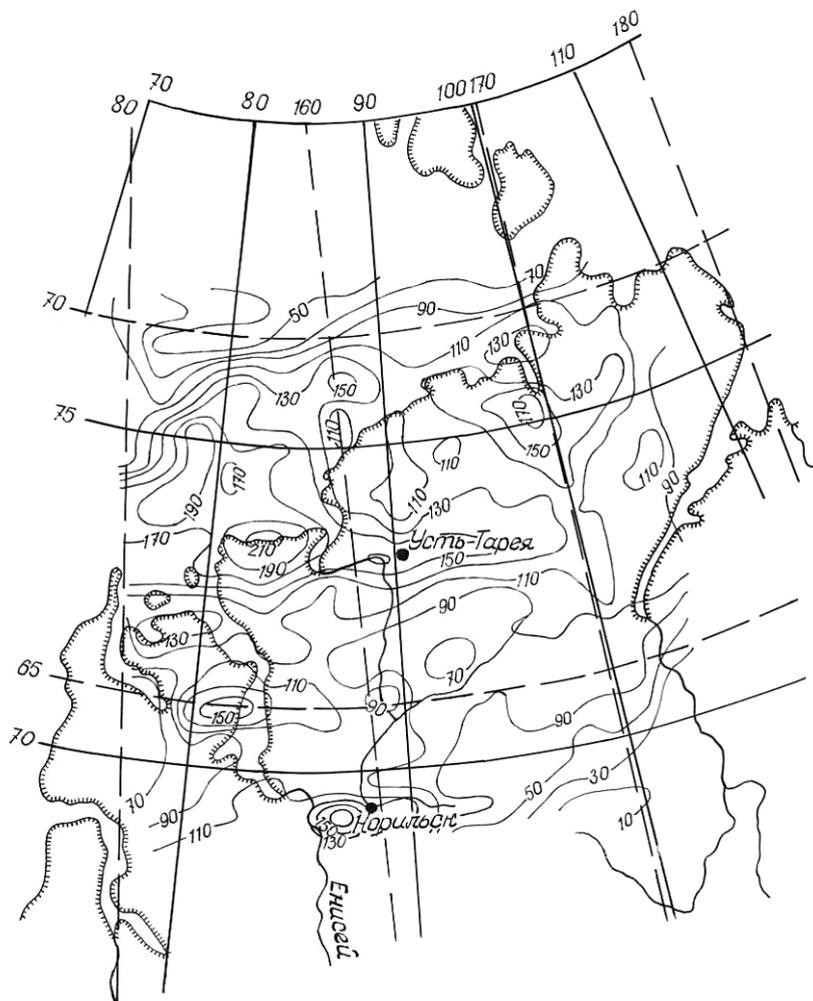


Рис. 2. Карта изолиний частоты появления полярных сияний по данным ст. Усть-Тарей. Значения частоты полярных сияний приведены в относительных единицах

Вторая зона аномалий проявляется в изолиниях на восточном краю карты (рис. 1), которые резко изменяют своё направление с близкого к теоретическому субширотного на субмеридиональное. Эта зона аномалий близка по пространственному расположению в наземных координатах к Трансазиатскому линейamentу

[7], прослеживающемуся от островов Северной Земли через Таймырскую складчатую область, Енисей-Хатангский прогиб в пределы Сибирской платформы до оз. Байкал.

Третья группа аномалий в распределении однородных форм полярных сияний приурочена к зоне сочле-

нения Сибирской платформы (II) с Западно-Сибирской плитой (I) и Енисей-Хатангским прогибом (IV) (см. рис. 1). Эти аномалии характеризуются изломами изолиний частоты появления полярных сияний со сменой направления от субширотного до субмеридионального и тенденцией к первоначальному восстановлению при переходе через аномальную зону.

Зоны аномального распределения частоты появления полярных сияний чётко трассируют границы сочленения крупнейших блоков земной коры, что на-

глядно отражается на приведённой схеме (рис. 1). Достоверность привязки выделенных блоков земной коры подтверждается материалами дешифрирования телевизионных космических снимков [7], результатами глубинного сейсмического зондирования [8] и данными, полученными в процессе проведения поисковых геологоразведочных и геофизических работ.

Распределение частоты появления полярных сияний вдоль меридиана, проходящего через ст. Норильск, показано на рис. 3.

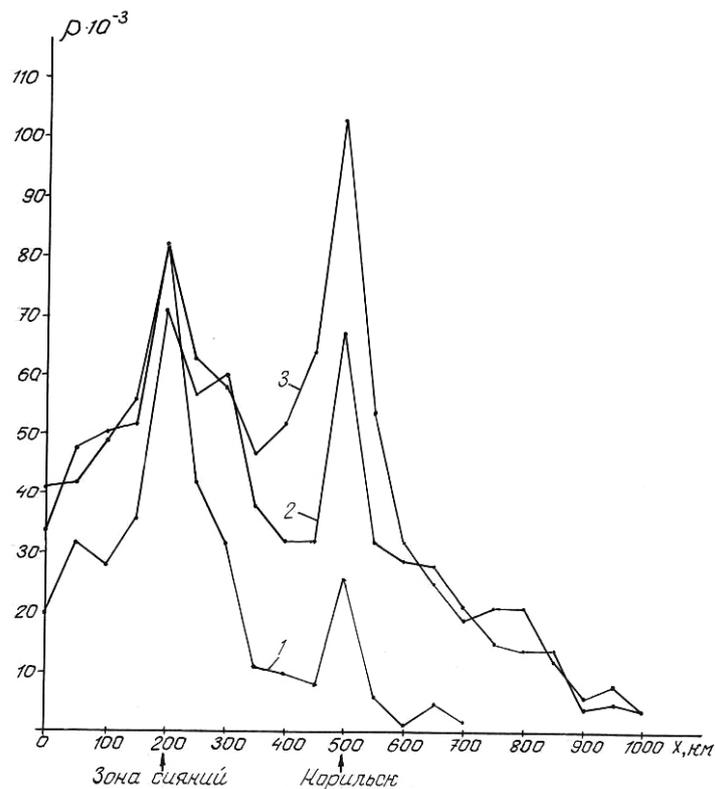


Рис. 3. Распределение частоты появления полярных сияний по меридиональному профилю, проходящему через ст. Норильск, при различных уровнях геомагнитной активности. Номера профилей (линий): 1 – при слабом уровне геомагнитной возмущённости ($\Sigma K = 0 \div 20$); 2 – при умеренном уровне геомагнитной возмущённости ($\Sigma K = 20 \div 30$); 3 – при сильном уровне геомагнитной возмущённости ($\Sigma K > 31$)

Для построения графика полярные сияния были разделены по уровню геомагнитной активности. Установлено, что частотный спектр геомагнитных вариаций и связанные с вариациями полярные сияния зависят от уровня геомагнитной активности. Следовательно, изменение количества сияний в зоне положительной аномалии в районе ст. Норильск также зависит от спектра геомагнитных вариаций. Отметим, что максимальная частота появления полярных сияний в зоне сияний практически неизменна. Зависимость частоты появления полярных сияний в зоне положительной аномалии от частотного спектра геомагнитных вариаций позволяет сделать два основных вывода: положительная аномалия частоты полярных сияний обусловлена электропроводящей глубинной структурой земной коры; механизм образования террогенного эффекта на исследуемой площади является индукционным.

Таким образом, выявленный террогенный эффект может быть использован для решения задач региональной

геологии: дистанционного изучения элементов глобальной тектоники, региональных структур, глубинных разломов, скрытых под толщами рыхлых и литифицированных отложений, вулканогенных образований (в частности, траппов), под обширными ледниковыми покровами и др., особенно в труднодоступных областях Арктики и Антарктики, а также на шельфах высокоширотных морей. Для более эффективного использования метода, в том числе построения среднемасштабных карт (масштаб 1: 200 000 и крупнее), необходима новая аппаратная база, использование компьютерных технологий для обработки аскафильмов, полученных по результатам МГТ в 1957–1958 гг. и в более поздние периоды, которые имеются в Международном центре данных (МЦД). Для этого необходимо также использование цифровых фотокамер с высококачественной оптикой и фиксацией изображения на компьютер, телевизионных камер всего неба и новых сканирующих фотометров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краковецкий Ю.К., Попов Л.Н., Доронина И.П., Чагаров Л.М. Пространственное распределение полярных сияний и его взаимосвязь с геологической структурой Норильского региона // Известия вузов. Геология и разведка. 1984. № 8. С. 18–23.
2. Краковецкий Ю.К., Надубович Ю.А., Попов Л.Н., Шуилова Н.А. Исследование пространственного распределения полярных сияний // Доклады Академии наук СССР. 1984. Т. 279, № 3. С. 580–582.
3. Краковецкий Ю.К., Попов Л.Н. Геологический эффект в полярных сияниях Севера Сибири // Вопросы геологии Сибири. Томск: ТГУ, 1994. Вып. 2. С. 260–272.
4. Краковецкий Ю.К., Попов Л.Н. Способ определения ориентации разломов земной коры. Авторское свидетельство СССР № 1189243, 01.07.1985 г.
5. Краковецкий Ю.К., Попов Л.Н., Самсонов В.П. и др. Об устойчивости пространственного распределения полярных сияний в Якутском регионе // Эффекты высыпаний заряженных частиц в верхней атмосфере. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988. С. 3–13.
6. Яновский В.М. Земной магнетизм. Л.: Изд-во ЛГУ, 1977. 592 с.
7. Пятницкий В.К. Рельеф фундамента и структуры чехла Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1975. № 9. С. 89–99.
8. Ероменко В.Я., Пятницкий В.К. Разломы Сибирской платформы по геофизическим данным и материалам дешифрирования телевизионных космических снимков // Глубинное строение восточных нефтеперспективных территорий СССР по результатам комплексной интерпретации геолого-геофизических данных. Л.: ВНИГРИ, 1979. С. 71–87.
9. Чернышев Н.М., Егоркин А.В., Данилова Э.Г. и др. Глубинное строение севера Западно-Сибирской плиты по сейсмическим данным // Советская геология. 1978. № 9. С. 46–58.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 15 июня 2010 г.