

DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-55-61

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
УДК 550.38+551.51

ВАРИАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ В ЯКУТСКЕ *

В. И. Козлов, Д. Г. Баишев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю. Г. Шафера СО РАН,
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 31

E-mail: vkozlov@ikfia.ysn.ru

Выполнен сравнительный анализ параметров составляющих геомагнитного поля и электрических потенциалов на полигоне ИКФИА СО РАН около г. Якутска вдали от промышленных помех с осени 2016 по зиму 2018 г. Приведены сезонные колебания электрических потенциалов с 17.10.2017 по 23.11.2018 г. Сопоставлены вариации магнитного поля Земли и электрических потенциалов во время большой магнитной бури 07-09.09.2017 г. Полученный коэффициент корреляции составляет 0.5-0.9.

Ключевые слова: естественные электрические потенциалы, теллурические токи, магнитная буря

© Козлов В. И., Баишев Д. Г., 2018

GEOPHYSICAL FIELDS AND THEIR INTERACTION
MSC 86A10+86A25

VARIATIONS OF NATURAL ELECTRIC POTENTIALS AT YAKUTSK

V. I. Kozlov, D. G. Baishev

Yu. G. Shafer Institute of cosmophysical research and aeronomy SB RAS, 677980, Yakutsk, Lenin ave., 31, Russia

E-mail: vkozlov@ikfia.ysn.ru

A comparative analysis of parameters of the geomagnetic field components and electrical potentials at station of the SHICRA SB RAS near the city of Yakutsk far from industrial noises from autumn 2016 to winter 2018 is executed. Variations of Earth's magnetic field and electric potentials during the strong magnetic storm of September 7-9, 2017 are compared. Calculated correlation coefficient is 0.5-0.9.

Key words: natural electric potentials, telluric currents, magnetic storm

© Kozlov V. I., Baishev D. G., 2018

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации бюджетной темы П.16.2.1. (номер государственной регистрации № АААА-А17-117021450059-3), научной программы РС(Я) и РФФИ 18-45-140028.

Введение

Электротеллурические измерения выполняются с целью получить информацию об электрических процессах, протекающих в верхней части земной коры. В любой данный момент времени теллурические токи образуют вихри на поверхности Земли, например, в 18 UT 4 вихря с центрами на: 1) севере Атлантического океана; направление против часовой стрелки; 2) юге Атлантического океана; направление по часовой стрелке; 3) севере Тихого океана; направление по часовой стрелке; 4) юге Тихого океана; направление против часовой стрелки [1]. Коэффициент корреляции между вариациями геомагнитного поля и земными токами равен 0.833. Днем средние амплитуды микропульсаций $A(\text{нТл})$ и потенциалов в поле Земли связаны с погрешностью $\pm 10\%$ уравнением $A(\text{нТл})=U(\text{мкВ/км})$ в диапазоне $0 \div 500$ нТл [2]. Амплитудное значение теллурической ЭДС поля в средних широтах на суше достигает 10 мВ/км [1].

В данной работе представлены результаты анализа параметров составляющих геомагнитного поля и электрических потенциалов на полигоне ИКФИА СО РАН около г. Якутска с осени 2016 по зиму 2018 г. Представляло интерес рассмотреть реакции магнитного поля Земли и электрических потенциалов на большую магнитную бурю 07-09.09.2017 г.

Вариации естественных электрических потенциалов

В типичной схеме электротеллурические измерения [3] проводят регистрацию разности потенциалов между 2 парами электродов закопанных электродов: «измерительных линий», ориентированных в направлениях север-юг (С-Ю) и восток-запад (В-З). Далее вычисляется «напряжённость электротеллурического» поля E . Расположение двух пар «измерительных линий» длиной по 100 м в наших измерениях, ориентированно по компасу. Первые наблюдения с 29.08.2016 по 23.11.2018 г. показали, что в отсутствии магнитных возмущений вариации естественных потенциалов имеют характерный суточный ход, описываемый одним периодом волны, который меняется от лета к зиме.

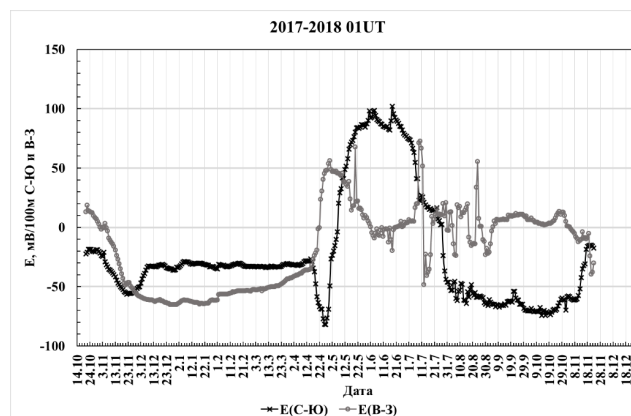


Рис. 1. Вариации величины естественных электрических потенциалов с 17.10.2017 по 23.11.2018 г. вблизи Якутска

На рис. 1 представлены вариации естественных электрических потенциалов с 17.10.2017 по 23.11.2018 г. в зависимости от времени для направлений С-Ю и В-З. А рис. 2 иллюстрирует годограф потенциалов, построенный по сглаженным по пять дней данным, в прямоугольных координатах. Значения потенциалов в начальный и конечный дни равны: $E(\text{С-Ю}) = -20$ мВ/100м и $E(\text{В-З}) = 10$ мВ/100м за 17.10.2017 г., $E(\text{С-Ю}) = -61$ мВ/100м и $E(\text{В-З}) = -4$ мВ/100м за 08.11.2018 г., соответственно.

Переход от летних значений к зимним происходит в ноябре. Обратный переход значений естественных электрических потенциалов от зимних условий к летним по нашим наблюдениям происходил в течении мая. Эти весенне-осенние переходы обусловлены промерзанием верхнего слоя грунта, оттаивающего в летних условиях и соответствующих изменений электрических свойств грунта.

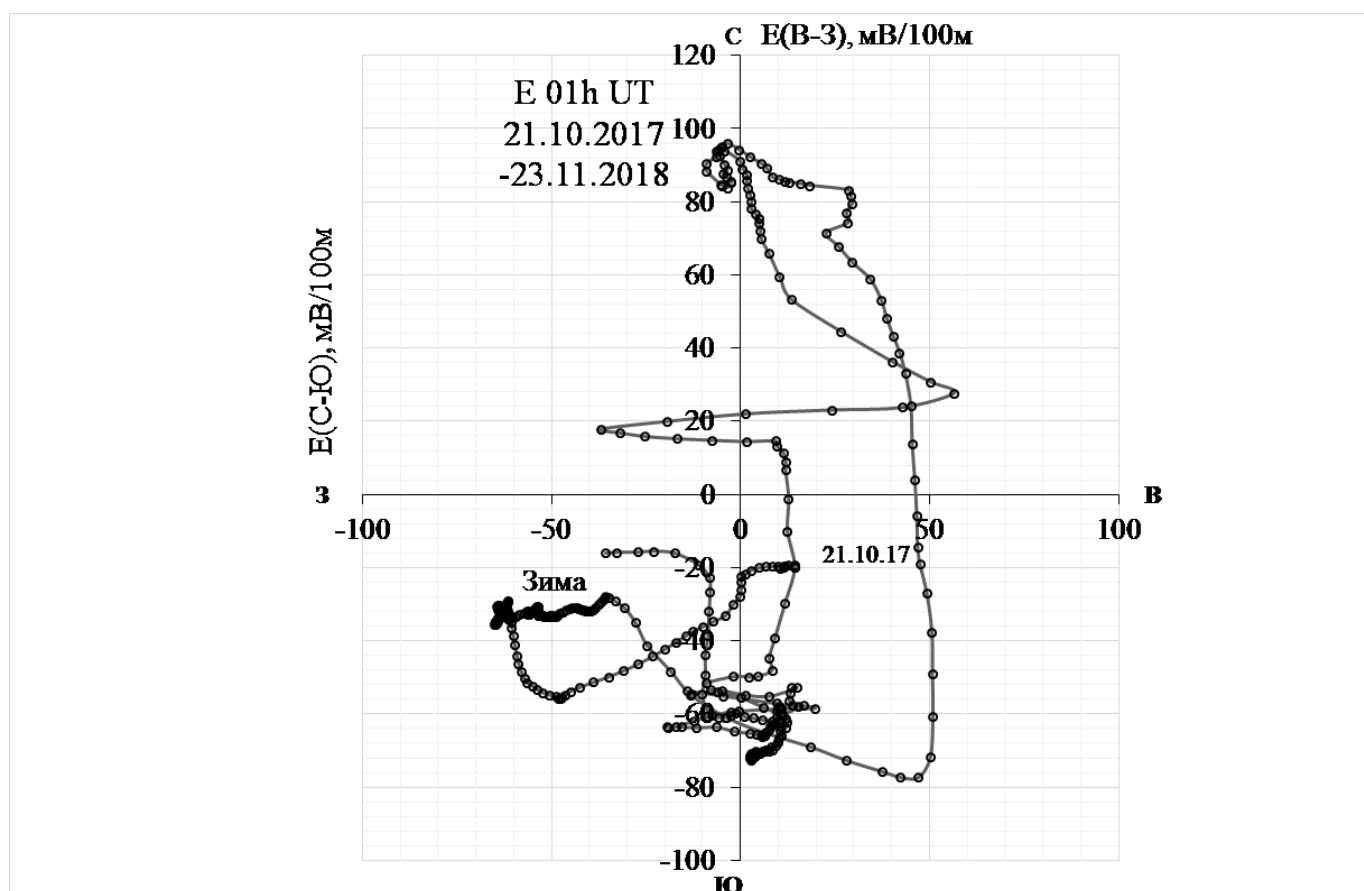


Рис. 2. Годограф естественных электрических потенциалов, построенный по сглаженным по пять дней данным с 17.10.2017 по 23.11.2018 г., в прямоугольных координатах вблизи Якутска

В [4] показано, что на глубине 1,5 м самая низкая температура грунта наблюдается в декабре от $-6 \pm 1^\circ$ С при относительно большой влажности 21.5% и $-8 \pm 1,5^\circ$ С при низкой влажности 8.7 %. Промерзание на этой глубине происходит в ноябре, температура грунта меняется от 0 до -6° С. Оттайка происходит в мае, температура грунта меняется от -1.5 до $+1^\circ$ С. Летом температура грунта на этих глубинах достигает до $+4^\circ$. Под городом Якутском вечная мерзлота имеет мощность 200-250 м, а ее температура от -2° С до -8° С. Глубина протаивания для окрестностей г. Якутска: для песчаных грунтов 2.2–3 м, для суглинков 1.4–1.8 м, на территориях,

покрытых лесом в окрестностях города 1 м. На полигоне, где проводились измерения, грунт оттаивает на глубину равную 1 м.

Основные изменения удельного сопротивления грунта при разnose электродов на 1.5 м по нашим измерениям происходят при изменении температуры воздуха от -5°C до -25°C , при разnose электродов на 3 м при температурах ниже -20°C . Зимой удельное сопротивление остается почти постоянным. Температура в -20°C в районе Якутска устанавливается около 25.10–3.11. Нужно отметить, что кроме промерзания грунта с поверхности иногда происходит его промерзание и с глубины за счет вечномерзлого слоя [4]. Весной при температуре воздуха $+7^{\circ}\text{C}$ понижение удельного сопротивления грунта начинается в мае. Сезонные изменения удельного сопротивления грунта в слое 0.5 м (при разnose электродов на 1 м) изменялись от 130 Ом·м до 470 Ом·м (увеличение в 3.6 раза). В слое грунта до 1.5 м (при разnose электродов на 3 м) удельное сопротивление грунта изменялось от 40 Ом·м до 200 Ом·м (увеличение почти в 5 раз), что соответствует данным [6].

Большая магнитная буря 07-09.09.2017 г.

Рассмотрим поведение естественных потенциалов в период развития кольцевого тока (КТ) 08.09.2017 г., части большой магнитной бури 07-09.09.2017 г. Вариации Dst-индекса во время этой бури приведены на рис. 3.

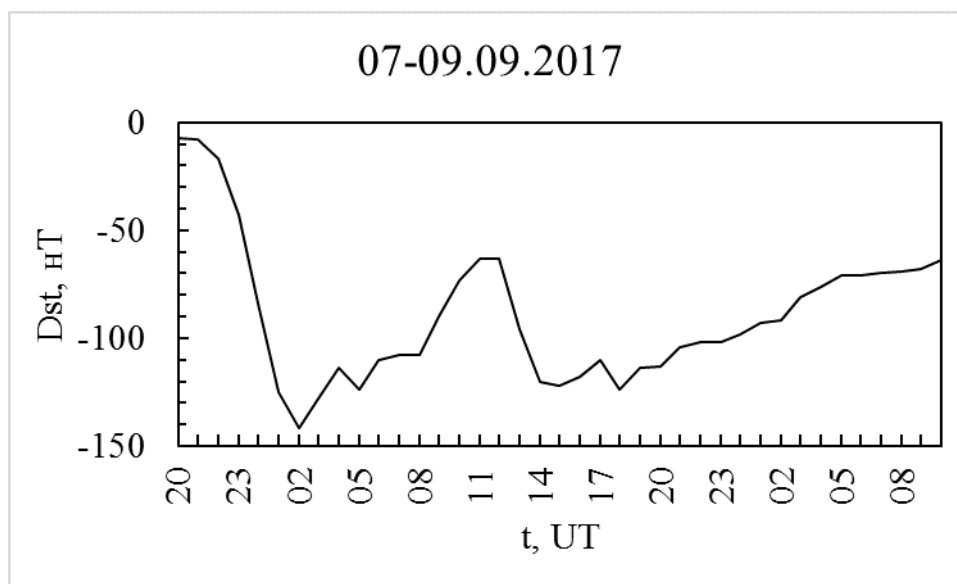


Рис. 3. Вариации Dst-индекса во время большой магнитной бури 07-09.09.2017 г.

Наибольшие значения магнитных возмущений в этой буре $Dst = -142$ нТл наблюдались в 02 UT (первое усиление КТ) и в 14-18 UT, когда Dst индекс варьировал около $-120 \div -142$ нТл (второе усиление КТ). С 12 до 19 UT наблюдались вариации E до 40 мВ/100м. Вариации геомагнитных колебаний в X (датчик в направлении север-юг) и Y (датчик в направлении восток-запад) компонентах, измеренных индукционным магнитометром, установленным также на радиотехническом полигоне ИКФИА СО РАН и вариации естественных потенциалов E, измеренные с раздвижением 100 м представлены на рис. 4 и 5.

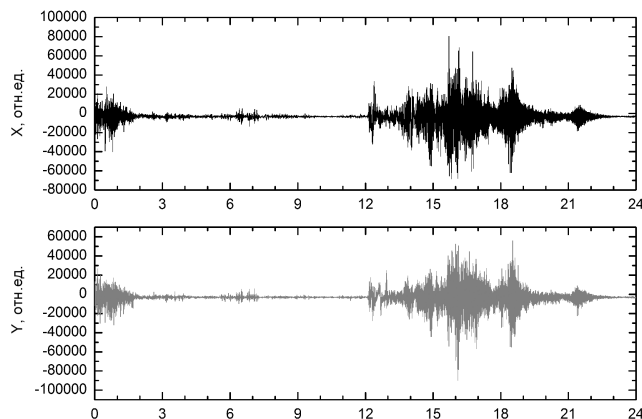


Рис. 4. Вариации магнитных составляющих во время усилений кольцевого тока 08.09.2017 г.

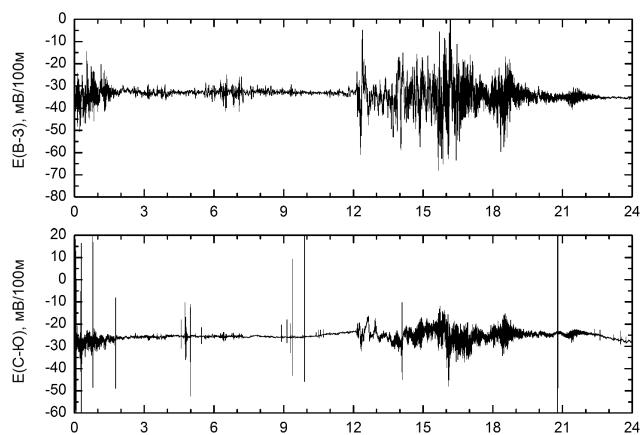


Рис. 5. Вариации естественных потенциалов во время усилений кольцевого тока 08.09.2017 г.

Выделенный временной период существования пульсаций в естественных электрических потенциалах (как и в магнитных составляющих) показан на рис. 6.

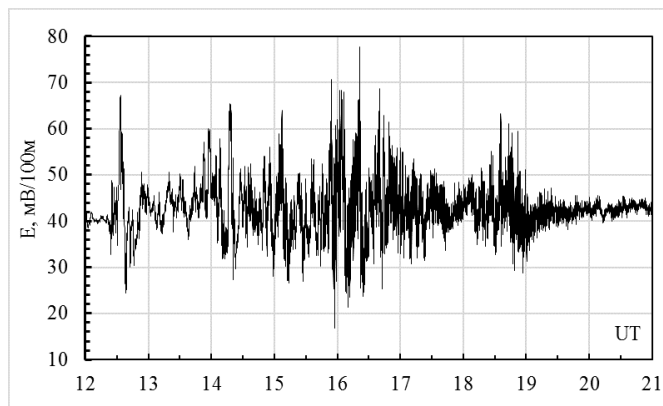


Рис. 6. Вариации вектора E, построенного по С-Ю и В-З составляющим во время второго усиления кольцевого тока 08.09.2017 г.

08.09.2017 во время магнитной бури с 43600 секунды UT по 70000 сек UT (ночь по местному Якутскому времени) наблюдались иррегулярные пульсации в широком диапазоне периодов [7]. В вариациях вектора E , построенного по С-Ю и В-З составляющим, особенно хорошо видна иррегулярная форма колебаний. Коэффициент корреляции между разностью естественных потенциалов $E(С-Ю)$, $E(В-З)$ и соответствующими магнитными составляющими X , Y во время пульсаций, длящихся 8.33 часа (40000-70000 сек UT) во время второго усиления кольцевого тока 08.09.2017 г составляет $\rho(E(С-Ю), Y) = 0.77 \pm 0.1$ и $\rho(E(В-З), X) = 0.65 \pm 0.1$. Диапазон изменения $\rho(E(С-Ю), Y) = 0.5 \div 0.9$ и $\rho(E(В-З), X) = 0.52 \div 0.9$. Поскольку имеются многолетние данные по величинам магнитных возмущений в нескольких пунктах наблюдения по Якутии, то опираясь на данные о достаточно больших значениях полученных коэффициентах корреляции можно делать оценки о величине разности естественных потенциалов по величине магнитных возмущений. Длительные ряды измерений разности естественных потенциалов получены на комплексах геофизических наблюдений на Петропавловском полигоне, Камчатка [8].

Список литературы

- [1] Александров М. С. и др., *Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ*, Наука, Москва, 1975, 195 с. [Aleksandrov M. S. i dr., *Fluktuacii ehlektromagnitno-go polya Zemli v diapazone SNCH*, Nauka, Moskva, 1975, 195 pp.]
- [2] Hessler V. P., Wescott E. M., "Correlation between Earth current and geomagnetic disturbance", *Nature*, **184**:4686 (1959), 627.
- [3] Кролевец А. Н., Копылова Г. Н., "Приливные составляющие в электротеллурическом поле", *Физика Земли*, 2003, №5, 77–84. [Krolevec A. N., Kopylova G. N., "Prilivnye sostavlyayushchie v ehlektrotelluricheskom pole", *Fizika Zemli*, 2003, №5, 77–84].
- [4] Стручков А. С., Фёдоров Ю. Ю., "Опытно-промышленное испытание и мониторинг подземного полиэтиленового газопровода", *Наука и образование*, 2004, №1, 53–56. [Struchkov A. S., Fyodorov YU. YU., "Opytno-promyshlennoe ispytanie i monitoring podzemnogo poliehtilenovogo gazoprovoda", *Nauka i obrazovanie*, 2004, №1, 53–56].
- [5] Некрасов И. А., *Вечная мерзлота Якутии*, Якутское книжное изд-во, Якутск, 1984, 120 с. [Nekrasov I. A., *Vechnaya merzlota YAkutii*, YAkutskoe knizhnoe izd-vo, YAkutsk, 1984, 120 pp.]
- [6] Башкуев Ю. Б., *Электрические свойства природных слоистых сред*, издательство СО РАН, Новосибирск, 1996, 207 с. [Bashkuev YU. B., *Ehlektricheskie svojstva prirodnyh sloistyh sred*, izdatel'stvo SO RAN, Novosibirsk, 1996, 207 pp.]
- [7] Клейменова Н.Г., "Геомагнитные пульсации", *Модель космоса*. Т. 1, НИИЯФ МГУ, Москва, 2007, 611–626. [Klejmenova N.G., "Geomagnitnye pul'sacii", *Model' kosmosa*. V. 1, NIIYAF MGU, Moskva, 2007, 611–626].
- [8] Балеста С. Т., Копылова Г. Н., Латыпов Е. Р., Кузмин Ю. Д., "Комплексные геофизические наблюдения на Петропавловском полигоне, Камчатка", *Вулканология и сейсмология*, 1999, №4–5, 90–100. [Balesta S. T., Kopylova G. N., Latypov E. R., Kuzmin YU. D., "Kompleksnye geofizicheskie nablyudeniya na Petropavlovskom poligone, Kamchatka", *Vulkanologiya i sejsmologiya*, 1999, №4–5, 90–100].

Список литературы (ГОСТ)

- [1] Александров М. С. и др. Флуктуации электромагнитного поля Земли в диапазоне СНЧ. М.: Наука, 1975. 195 с.
- [2] Hessler V. P., Wescott E. M. Correlation between Earth current and geomagnetic disturbance // Nature. 1959. vol. 184. no. 4686. pp. 627.

- [3] Кролевец А. Н., Копылова Г. Н. Приливные составляющие в электротеллурическом поле // Физика Земли. 2003. №5. С. 77–84.
- [4] Стручков А. С., Фёдоров Ю. Ю. Опытнo-промышленное испытание и мониторинг подземного полиэтиленового газопровода // Наука и образование. 2004. №1. С. 53–56.
- [5] Некрасов И. А. Вечная мерзлота Якутии. Якутск: Якутское книжное изд-во, 1984. 120 с.
- [6] Башкуев Ю. Б. Электрические свойства природных слоистых сред. Новосибирск: издательство СО РАН, 1996. 207 с.
- [7] Клейменова Н.Г. Геомагнитные пульсации / Модель космоса. Т. 1. М.: НИИЯФ МГУ, 2007. С. 611–626.
- [8] Балеста С. Т., Копылова Г. Н., Латыпов Е. Р., Кузмин Ю. Д. Комплексные геофизические наблюдения на Петропавловском полигоне, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 1999. №4-5. С. 90–100.

Для цитирования: Козлов В.И., Байшев Д.Г. Вариации электрических потенциалов в Якутске // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2018. № 5(25). С. 55-61. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-55-61

For citation: Kozlov V.I., Baishev D.G. Variations of electric potentials at Yakutsk, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2018, **25**: 5, 55-61. DOI: 10.18454/2079-6641-2018-25-5-55-61

Поступила в редакцию / Original article submitted: 01.12.2018