

УДК 550.37

60 ЛЕТ ГЕОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АЛУШТА» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

Рокитянский И. И.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина Национальной академии наук Украины, Киев
rokityansky@gmail.com*

Представлен исторический обзор начатых в 1957 году по программе Международного геофизического года геоэлектроманнитных наблюдений на геофизической обсерватории «Алушта». Подобные наблюдения нигде ранее не проводились. Полученные материалы привели к созданию нового раздела геомагнетизма, направленного на изучение короткопериодных пульсаций геомагнитного поля, возникающих в околоземном космическом пространстве, магнитосфере и ионосфере. Геоэлектроманнитные наблюдения содержат также информацию о внутренних геосферах – земной коре и верхней мантии, о геодинамических процессах в них; результаты этих наблюдений могут быть использованы для прогноза землетрясений.

Ключевые слова: геоэлектроманнитные наблюдения, магнитотеллурика, предвестники землетрясений, электропроводность земной коры.

ВВЕДЕНИЕ

В 1957 начинался Международный геофизический год (МГГ). Послевоенный мир активно развивал исследования планеты. Нужны были кадры. Руководитель отдела Электромагнитного (ЕМ) поля Института физики Земли (ИФЗ) АН СССР Валерия Алексеевна Троицкая предложила мне (только что окончившему аспирантуру) на выбор три места для организации наблюдений земных токов: Камчатка, г. Бакуриани (Кавказ) и г. Алушта (Крым). Тянуло на Камчатку, но у жены был туберкулез, потому была выбрана Алушта. Был организован отряд ЕМ экспедиции ИФЗ, и мы начали монтаж станции для регистрации земных токов. Аппаратура была установлена в очень сжатые сроки в январе 1957 на территории недавно построенной геофизической станции на ул. Пуцатова, 24. Линии земных токов длиной 500 м были проложены по колхозному винограднику на окраине Алушты, пульт управления, гальванометры и самописец (барабан с фотобумагой) располагались в темном подвале станции.

1. ВАРИАЦИИ ЗЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ

Помехи в те годы были небольшие. Они были исследованы полевой установкой. Основным их источником оказались телеграфные аппараты связи на почте в 1.2 км от станции [1]. Каждый аппарат имел собственную частоту порядка 1 Гц. Частоты на разных аппаратах слегка различались. В результате сложения полей двух аппаратов возникали биения красивой формы, напоминавшие бусы из жемчуга. Подобные биения возникают и в магнитосфере Земли, а открыты они были именно во время МГГ В. А. Троицкой по материалам установленных в СССР по её инициативе нескольких (порядка 5, включая Алушту) станций земных токов и

названы ею «жемчужинами». Эти колебания имели глобальное распространение, и для исследования их природы было важно изучить их суточный ход, зависимость от географических и геомагнитных широт и долгот. «Жемчужины» наблюдались синхронно на огромной территории, а на Алуштинской станции они в большинстве случаев наблюдались локально. Как было описано выше, это были телеграфные помехи, изучение которых [1] позволило исключать их из записей земных токов. В результате данные Алушты успешно использовались в изучении морфологии короткопериодных EM-пульсаций разных типов.

В конце лета 1957 наш экспедиционный отряд упразднили, нашу электромагнитную (EM) группу (я и Делли Александровна Рокитянская) подчинили начальнику геофизической станции Николаю Степановичу Рыбальчику. Н. С. Рыбальчик прошел войну боевым офицером, в послевоенное время был директором Крымского природного заповедника, с 1951 проводил в подвальчике на своем приусадебном участке сейсмические наблюдения, а после постройки здания Геофизической станции в 1957 году стал её первым начальником. Тогда же в геофизические наблюдения включились молодые специалисты Юрий Григорьевич и Алла Варфоломеевна Горячуны, их поселили в комнате с верандой на самой Геофизической станции. Меня с женой и сыном поселили на пустовавшей научной станции ФИАН в Профессорском городке на самом берегу моря в 4 км от Геофизической станции. Рыбальчик убедил нас строить частные дома, быстро добился в горсовете выделения участков (это и тогда было непросто) и помогал в организации строительства.



Рис. 1. Посещение геофизической станции «Алушта» японским сейсмологом доцентом Токийского университета Миямура. Слева направо: переводчица, Н. С. Рыбальчик, Миямура. Верхний ряд: И. И. Рокитянский, Ю. Г. Горячун, И. И. Попов, 1960 г.

Будучи яхтсменом и спортсменом-подводником, я выступил с научной инициативой – изучение морских токов. Для этого требовались кабель, буи,

60 ЛЕТ ГЕОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АЛУШТА» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

гальванометры, аренда катера. Денег на науку тогда не ограничивали, изучение морских токов вписывалось в тематику, а потому работы были без промедления профинансированы и выполнены. Результаты измерений вылились позднее в пионерскую работу о береговом эффекте электромагнитного поля [2].

2. МАГНИТОТЕЛЛУРИКА

Кроме аппаратуры для изучения земных токов в середине 1957 г. сотрудниками Нины Владимировны Липской (ИФЗ) были установлены трехкомпонентные магнитометры в специальном немагнитном павильоне на склоне горы с отдельным самописцем. Н. В. Липская работала с академиком А. Н. Тихоновым, выполняя синхронные наблюдения электрических и магнитных компонент ЕМ-поля с целью получения зависимости электропроводности Земли от глубины. Одно из первых в мире глубинных магнитотеллурических зондирований было получено по материалам станции «Алушта» [3]. В указанной статье и других ранних работах по магнитотеллурике интерпретация проводилась в рамках модели горизонтально-слоистой (1D) Земли без учета горизонтальных неоднородностей, которые могли существенно исказить результаты. Уже первые наши работы в 1957–58 годах по морским токам и береговому эффекту в окрестностях Алушты показали сильнейшую неоднородность распределения электропроводности (контраст суша – море не менее трех порядков), что не могло не вносить существенные искажения в результаты 1D-магнитотеллурики. Текущую основную обязанность работников наблюдательной станции (два раза в сутки смена лент теллурических и магнитных записей, их проявление, промывка, сушка, разметка времени, градуировка и др.) мы освоили легко, и оставалось много времени для анализа полученных записей.

После летней сверхактивности зимой я оставался наедине с записями земных электрических токов и магнитного поля, анализировал их и эмпирически вывел закономерности магнитотеллурики в условиях неоднородного распределения электропроводности. Так я вошел в магнитотеллурику «снизу», от наблюдательного материала. Через год я ознакомился с теоретическими работами А. Н. Тихонова, Д. Н. Четаева, М. Н. Бердичевского и написал статью «О применении магнитотеллурического метода на анизотропном и неоднородном массивах» [4]. Работа по анализу и учету неоднородностей была пионерской, её перевели на английский и единственную от СССР включили в международный сборник по магнитотеллурике под редакцией профессора Возоффа. Я много размышлял над иронией судьбы: если бы я остался в аспирантуре у А. Н. Тихонова и выбрал тему МТЗ, я мог бы стать ведущим теоретиком метода (а так я «потерял» 3 года на вызванную поляризацию). Так я думал, а сейчас сомневаюсь. Наверное, теория формул – это не моё. Я выводил и приводил формулы в статьях и монографиях, но делал это медленно и с трудом. Анализируя же экспериментальные данные, я интуитивно чувствую сложность природного явления, мысль направлена на поиск основных закономерностей, формирующих наблюдаемое явление, на поиск их физической сущности. И это помогает находить правильное решение

нетривиальных проблем, иногда прямо «у доски» при обсуждении новых данных наблюдений.

В Крыму я еще не понимал значение этих работ, научного общения никакого, библиотека скудная. Ежегодные 2–3 короткие командировки в Москву не спасали положения. Чувствовал, что «варюсь в собственном соку», появились сомнения в своей научной дееспособности. И хотя жизнь в Крыму была прекрасна: море, горы, свой дом с садом, я прошу перевести меня на Центральную обсерваторию «Борок». В этой обсерватории велась интенсивная научная работа по анализу уникальных новых данных, полученных во время МГГ и года спокойного солнца, в последующие годы на обсерваториях СССР, зарубежья и на искусственных спутниках Земли.

Итак, я и моя жена Делли Александровна Рокитянская проработали на Геофизической станции «Алушта» почти 4 года. Именно здесь, тщательно обработав электрические и магнитные записи геофизической станции «Алушта» и полевые записи морских и земных токов, полученные в ряде пунктов Крыма, я пришел к новым выводам и идеям, последующее развитие которых привело к написанию примерно 100 научных статей, 5 монографий [5], за которые была присуждена Государственная премия Украины в области науки и техники за 2005 год.

Город Алушта интенсивно разрастался, усиливались электромагнитные помехи, и через несколько лет после нашего отъезда ЕМ наблюдения на геофизической станции «Алушта» были прекращены. Эти наблюдения надо было перенести подальше от помех, но у Академии наук Украины (к которой перешла станция) на это не было средств. В основном средства выделялись Министерством геологии Украины по двум направлениям: прогноз землетрясений и изучение строения земной коры с целью поиска полезных ископаемых.

3. ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В начале 1990-х годов электромагнитные сейсмопрогностические наблюдения в Украине были переоснащены цифровыми трехкомпонентными станциями нового поколения LEMI системы Корепанова (Львов), которые могли автономно работать с GPS синхронизацией и передачей данных в центр мониторинга, организованный в Украинском государственном геологоразведочном институте (УГГРИ) под руководством В. И. Трегубенко. Три станции работали на ЮБК недалеко от г. Алушты (пгт. Лазурное, Гурзуф и Симеиз). В. И. Трегубенко разработал специальную методику обработки данных и выделил несколько предвестников землетрясений. Эти результаты являются пионерскими, особенно если учесть, в какое время они были получены. После Второй мировой войны ученые сейсмоопасных стран, опираясь на последние достижения технического прогресса и имея весьма солидное финансирование, надеялись за 2–3 десятилетия решить проблему прогноза землетрясений. В 1950–1970-е годы к прогнозной тематике приобщились сотни наиболее одаренных молодых геофизиков. Шли годы и десятилетия обширных наблюдений и упорных исследований, а прогноз не

60 ЛЕТ ГЕОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АЛУШТА» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

удавался. Природа землетрясений оказалась значительно сложнее, чем ожидалось. В обществе росло недовольство: большие средства потрачены, а результата – успешного прогноза – не получено. В рядах исследователей нарастал пессимизм. Появилась одна из новых научных идей, предполагающих, что прогноз в принципе невозможен. Это оправдывало неуспех участников прогнозной тематики, прогноз землетрясений в 1990-е годы стал рассматриваться научным сообществом как «ненаучное» направление, и многие журналы отказывались и отказываются печатать статьи по прогнозной тематике.

Ниже приведены рисунки из единственной, очень краткой, мало доступной публикации В. И. Трегубенко на эту тему [6]. К рис. 2 можно сделать следующие пояснения. Изменения окислительно-восстановительного потенциала в водах скважины свидетельствует об изменении соотношения вод глубинного и приповерхностного происхождения за несколько дней перед и во время сильнейшего землетрясения (ЗТ) в зоне Вранча 30 мая 1990 г. Это означает, что до Красных Пещер (20 км от Алушты) дошли деформации, вызвавшие гидрогеологические изменения, связанные с подготовкой ЗТ с эпицентром на расстоянии более 500 км. Тектоническое строение региона не противоречит возможности избирательного распространения напряжений через Преддобружье и Скифскую плиту в Горный Крым.

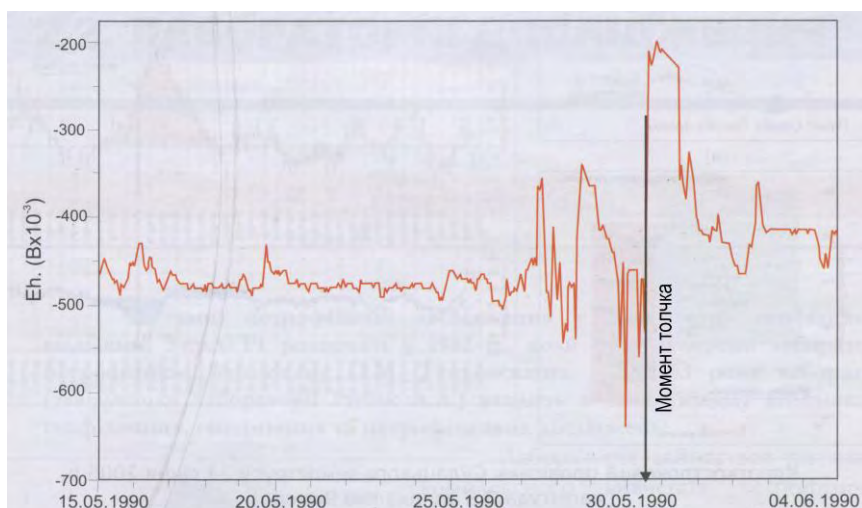


Рис. 2. Краткосрочный предвестник ЗТ 30.05.1990, произошедшего в зоне Вранча с магнитудой 7.1, зарегистрированный в вариациях окислительно-восстановительного потенциала Eh в пункте Красные Пещеры, скважина № 1 [6].

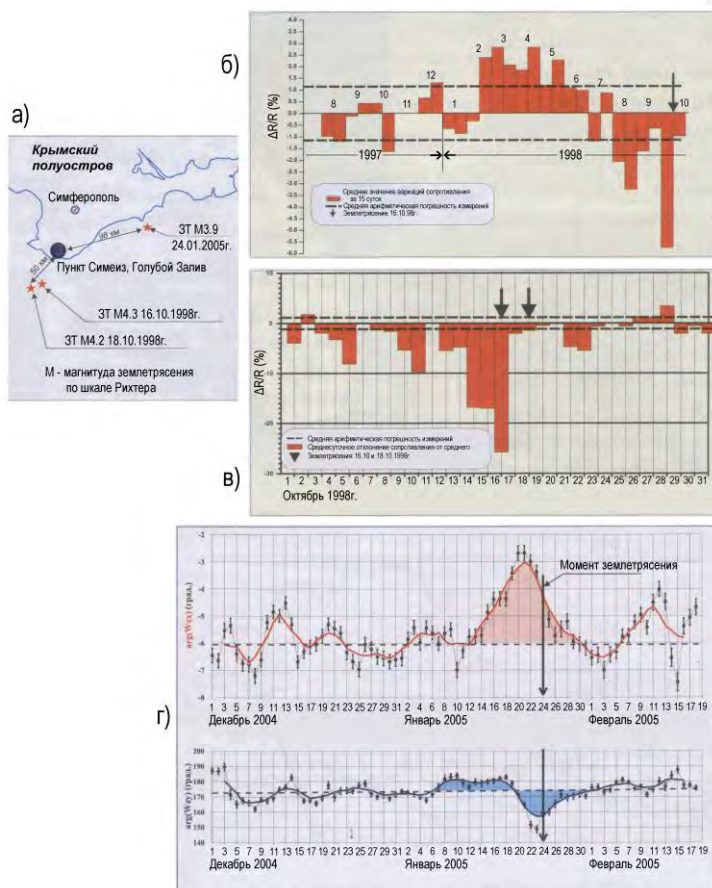


Рис. 3. Предвестники крымских землетрясений (ЗТ) по данным В. И. Трегубенко [6]: а – положение эпицентров трех ЗТ (звездочки) относительно пункта наблюдений в Голубом Заливе; б, в – среднесрочный и краткосрочный предвестники двух ЗТ 16 и 18 октября 1998 г., по оси ординат отложены отклонения среднего за 15 дней (б) и за сутки (в) электрического сопротивления от среднего за весь интервал наблюдений; г – краткосрочный предвестник Судакского ЗТ 24.01.2005, по оси абсцисс отложена фаза северной (верхний рисунок) и восточной (нижний рисунок) компонент вектора индукции [5] для периода 1000 с.

На рис. 3 видно, что длительность краткосрочного EM-предвестника имеет порядок одной недели (3–10 дней) для рассмотренных землетрясений с магнитудой

60 ЛЕТ ГЕОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «АЛУШТА» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

порядка 4. В. И. Трегубенко обработал также данные японских станций и на одной из них в поведении фазы вектора индукции на периоде 100 с выделил характерную вариацию бухтообразной формы длительностью 2 месяца перед ЗТ Тохоку 11.03.2011 с $M=9$. Из сравнения приведенных данных можно высказать предположение о том, что длительность рассматриваемого краткосрочного ЕМ-предвестника зависит от магнитуды назревающего ЗТ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После распада СССР ассигнования на науку, на исследование недр, на прогноз землетрясений непрерывно уменьшаются, земля и сооружения организаций этого профиля приватизируются. К 2013 году сейсмопрогностическая система ЕМ-мониторинга перестала существовать. Работоспособные станции LEM1 частично списаны и уничтожены под предлогом борьбы с возможной коррупцией. Однако, как и прежде, регистрация электромагнитного поля является важной компонентой мониторинга сейсмических событий, а также многих других явлений: гроз, ядерных взрывов, падения метеороидов, утечек электроэнергии и др. ЕМ-мониторинг должен быть восстановлен.

Список литературы

1. Рокитянский И. И. О помехах, наблюдаемых при регистрации быстрых колебаний земных токов // Известия АН СССР, Серия геофизическая. 1962. № 7. С. 943–945.
2. Рокитянский И. И. Береговой эффект в вариациях электромагнитного поля Земли // Известия АН СССР, серия геофизическая. 1963. № 12. С. 1814–1822.
3. Тихонов Н. А., Липская И. В., Денискин Н. А. и др. Об электрическом зондировании глубоких слоев Земли // Доклады АН СССР. 1961. Т. 140. № 3. С. 143–145.
4. Рокитянский И. И. О применении магнитотеллурического метода на анизотропном и неоднородном массивах // Известия АН СССР, серия геофизическая. 1961. № 11. С. 1607–1611.
5. Rokityansky I. I. Geoelectromagnetic investigation of the Earth's crust and mantle. New York: Springer-Verlag, 1982, 381 p.
6. Трегубенко В. І. Сейсмопрогностичні дослідження. 50 років Українському державному геологорозвідувальному інституту (1957–2007 рр.). Ювілейний довідник. Київ: Наукова думка, 2007. С. 52–56.

60 YEARS OF GEOELECTROMAGNETIC OBSERVATIONS AT GEOPHYSICAL STATION «ALUSHTA» AND ABUTTING TERRITORIES

Rokityansky I. I.

*S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
rokityansky@gmail.com*

In 1957, on the initiative of V. A. Troitskaya, geoelectromagnetic observations were started at the geophysical station «Alushta», the assemblage of a station for the recording of terrestrial currents was carried out. The equipment was installed in a very short time in January 1957. Lines of terrestrial currents 500 m long were laid on the outskirts of

Alushta, the control panel, galvanometers and a recorder were located in the basement of the station.

In addition to terrestrial currents in mid-1957, employees of N. V. Lipskaya (IPE) installed three-component magnetometers in a special non-magnetic pavilion on a mountainside with a separate recorder. N. V. Lipskaya worked with Academician A. N. Tikhonov, performing synchronous observations of the electric and magnetic components of the electromagnetic field in order to obtain the dependence of the Earth's electrical conductivity on depth. One of the first deep magnetotelluric soundings in the world was obtained from materials of the station «Alushta».

To perform work on the study of sea currents, cable, buoys, galvanometers and boat rental were required. Money for science then was not limited, the study of sea currents fit into the subject, and therefore the works were immediately funded and implemented. The results of the measurements resulted later in the pioneering work on the coastal effect of the electromagnetic field.

In the early 1990s, electromagnetic seismic-prognostic observations in Ukraine were re-equipped with digital three-component stations of the new generation LEMI Korepanov system (Lviv), which could autonomously work with GPS synchronization and data transfer to the monitoring center, organized at the Ukrainian State Geological Prospecting Institute (UGGRI) V. I. Tregubenko. Three stations operated on the Crimea South Coast near Alushta (towns Lazurnoe, Gurzuf and Simeiz). V. I. Tregubenko developed a special processing technique and identified several precursors. These results were pioneering, especially if we take into account the time at which they were obtained.

After the Second World War, scientists of earthquake-prone countries, relying on the latest achievements of technical progress and having solid funding, hoped for 2–3 decades to solve the problem of earthquake prediction, but the nature of earthquakes proved to be more complicated than expected.

In the article, the figures from publication of V. I. Tregubenko on theme of seismic-prognostic observations which clearly illustrate that changes in the oxidation-reduction potential in the waters of the well indicate a change in the ratio of waters of deep and near-surface origin a few days before and during the strongest earthquake in the Vrancea zone 30 May, 1990. This means that up to region of the Red Caves (20 km from Alushta) deformations reached that caused hydrogeological changes related to the preparation of an earthquake with an epicenter for races over 500 km. The tectonic structure of the region does not contradict the possibility of selective spreading of stresses through Predobudruje and the Scythian plate to the mountain Crimea.

Key words: geoelectromagnetic observations, magnetotellurics, precursors of earthquakes, electrical conductivity of the earth's crust

References

1. Rokityanskij I. I. O pomekhhah, nablyudaemyh pri registracii bystryh kolebanij zemnyh tokov // Izvestiya AN SSSR, seriya geofizicheskaya, 1962, no. 7, pp. 943–945 (in Russian).
2. Rokityanskij I. I. Beregovoj ehffekt v variaciyah ehlektromagnitnogo polya Zemli // Izvestiya AN SSSR, seriya geofizicheskaya, 1963, no. 12, pp. 1814–1822 (in Russian).
3. Tihonov N. A., Lipskaya I. V., Deniskin N. A. i dr. Ob ehlektricheskom zondirovanii glubokih sloev Zemli // Doklady AN SSSR. 1961. T. 140. no. 3, pp. 143–145 (in Russian).

60 ЛЕТ ГЕОЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
СТАНЦИИ «АЛУШТА» И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ

4. Rokityanskij I. I. O primeneni magnitotelluricheskogo metoda na anizotropnom i neodnorodnom massivah // Izvestiya AN SSSR, seriya geofizicheskaya, 1961, no. 11, pp. 1607–1611 (in Russian).
5. Rokityansky I. I. Geoelectromagnetic investigation of the Earth's crust and mantle. New York: Springer-Verlag (Publ.), 1982, 381 p. (in English).
6. Tregubenko V. I. Sejsmoprognostichni doslidzhennya. 50 rokiv Ukraïns'komu derzhavnomu geologorozviduval'nomu institutu (1957–2007 rr.). Yuvilejnij dovidnik. Kiïv: Naukova dumka (Publ.), 2007, pp. 52–56 (in Ukrainian).