

СИГНАЛ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА В ОСЕВОЙ ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АКВАТОРИЙ МОРСКОГО ШЕЛЬФА

Евгений Валерьевич Агеенков

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга 3, старший научный сотрудник, e-mail: AgeenkovEV@ipgg.sbras.ru

Описано поведение сигнала переходного процесса (ПП) в осевой области электрической линии находящейся в водном слое акватории морского шельфа.

Ключевые слова: переходный процесс, электрическая линия, морской шельф

TRANSIENT SIGNAL IN THE AXIAL DOMAIN OF THE ELECTRIC LINE FOR GEOELECTRIC CONDITIONS OF THE OFFSHORE AREA

Evgenii V. Ageenkov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3, Akademika Koptyuga Ave., Senior Researcher, e-mail: AgeenkovEV@ipgg.sbras.ru

The behavior of the transient process (TP) signal in the axial region of the electric line located in the water layer of the sea shelf is described.

Keywords: transient electromagnetics, electric line, off-shore

Переходное электромагнитное (ЭМ) поле возникает вокруг импульсного источника. В проводящей поляризуемой среде оно вызывает ПП, сопровождающийся ЭМ сигналом, регистрируемым измерителями.

Известно, что ПП в земле сопровождается протеканием процессов установления ЭМ поля и вызванной поляризации [1, 2 и др.].

Специфика геоэлектрических условий акваторий заключается в присутствии водного слоя – на морях сильно проводящего неполяризуемого. Глубина шельфовой части морей близка к 100–200 м (но в некоторых случаях достигает 500–1500 м, например, у южной части Охотского моря или бровки Новозеландского шельфа) [3].

Водный слой перекрывает геологические образования – проводящие поляризуемые.

Выполнены численные расчёты сигнала ПП в осевой области электрической линии на 3-х электродном измерителе для геоэлектрических условий акваторий морского шельфа.

На измерительной линии $M_1M_2M_3$ рассчитывались сигналы ПП $\Delta U(t)$ (1) между электродами M_1 – M_3 , второй конечной разности сигнала ПП $\Delta^2 U(t)$ (2) между электродами M_1 – M_2 и M_2 – M_3 и их отношение – трансформанта $P_1(t)$ на линии $M_1M_2M_3$ (3) [4].

$$\Delta U(t)_{M_1M_3} = \Delta U(t)_{M_1M_2} + \Delta U(t)_{M_2M_3} \quad (1)$$

$$\Delta^2 U(t)_{M_1M_2M_3} = \Delta U(t)_{M_1M_2} - \Delta U(t)_{M_2M_3} \quad (2)$$

$$P1(t)_{M_1M_2M_3} = \frac{\Delta^2 U(t)_{M_1M_2M_3}}{\Delta U(t)_{M_1M_3}} = \frac{\Delta U(t)_{M_1M_2} - \Delta U(t)_{M_2M_3}}{\Delta U(t)_{M_1M_2} + \Delta U(t)_{M_2M_3}} \quad (3)$$

Расчёты проводились для ряда установок с длиной источника равной АВ, длиной измерительных линий равной АВ/2 и разном равном АВ (табл.1).

Таблица 1

Геометрические характеристики установок

| № установки | Длина источника (АВ), м | Длина измерительных линий (M ₁ M ₂ и M ₂ M ₃), м | Разнос (r), м |
|-------------|-------------------------|---|---------------|
| 1 | 50 | 25 | 100 |
| 2 | 100 | 50 | 200 |
| 3 | 250 | 150 | 500 |
| 4 | 500 | 250 | 1000 |
| 5 | 1000 | 500 | 2000 |
| 6 | 2000 | 1000 | 4000 |

Использовалась модель двухслойного полупространства с первым слоем – морская вода и основанием – геологические образования. Геоэлектрические модели численного эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Модели среды

| Слой | ρ , Ом·м | η , % | τ , с | с, б.р. | h, м |
|------|---------------|------------|------------|-----------|------------------------|
| 1 | 0.25 | 0 | | | 50, 100, 150, 200, 250 |
| 2 | 1.5 | 0 или 15 | – или 0.5 | – или 0.5 | ∞ |

Переходный процесс на интервале времён от 1 мс до 16 с рассчитывался после бесконечного импульса тока (импульс возбуждения – функция Хевисайда или ступень после выключения бесконечно длящегося тока).

Результаты расчётов, представленные на рис. 1–3 для установки с длиной источника 50 м, описывают изменения протекания ПП при разной высоте (z) расположения горизонтальной установки над морским дном (геологическими образованиями).

После импульса тока сигнал переходного процесса на измерителе не изменится какое-то время, это говорит о том, что появившийся вихревой ток поддерживает структуру исчезающего гальванического тока – ранняя стадия переходного процесса (РСПП). После того как высокочастотное магнитное поле, удерживает

живающее вихревой ток в соленоидальной петле [5], затухает, начинается диффузионное просачивание вихревого тока в среде (растекание вглубь и вширь). Его плотность уменьшается, это отражается на уменьшении сигнала на измерителях – протекает процесс становления ЭМ поля (СП). Как только вихревые токи затухают (их плотность становится меньше плотности токов гальванически (ВПГ) и индукционно вызванной поляризации (ВПИ)) сигнал начинает определяться токами ВПГ или ВПИ. Скорость диффузии вихревых токов (скорость протекания процесса СП) зависит от проводящих свойств геологической среды, соответственно момент, когда токи ВП начнут определять протекание переходного процесса, так же связано с этой характеристикой среды.

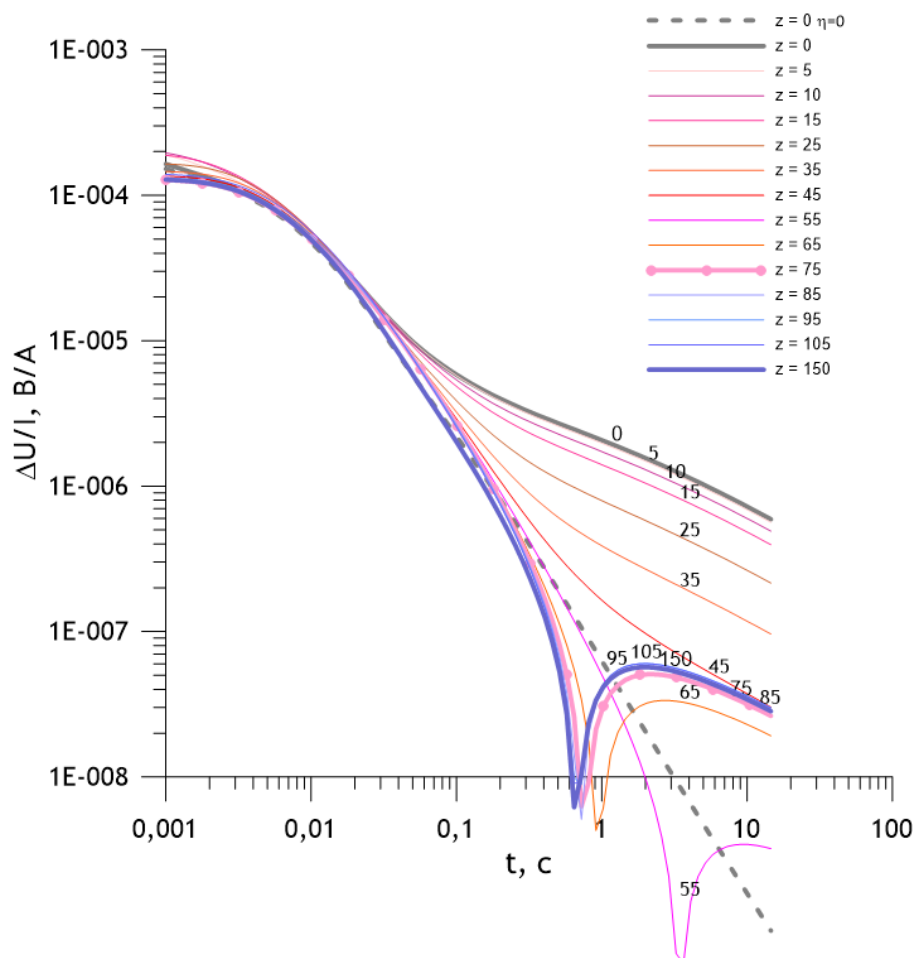


Рис. 1. Сигналы ПП для установки с длиной источника 50 м размещённой на разной высоте над морским дном.
Индексы кривых – высота установки над морским дном (z, м)

При расположении установки на дне акватории (на геологических отложениях) ПП протекает схоже с условиями суши [6, 7] (см. рис. 1–3, графики с индексом $z=0$).

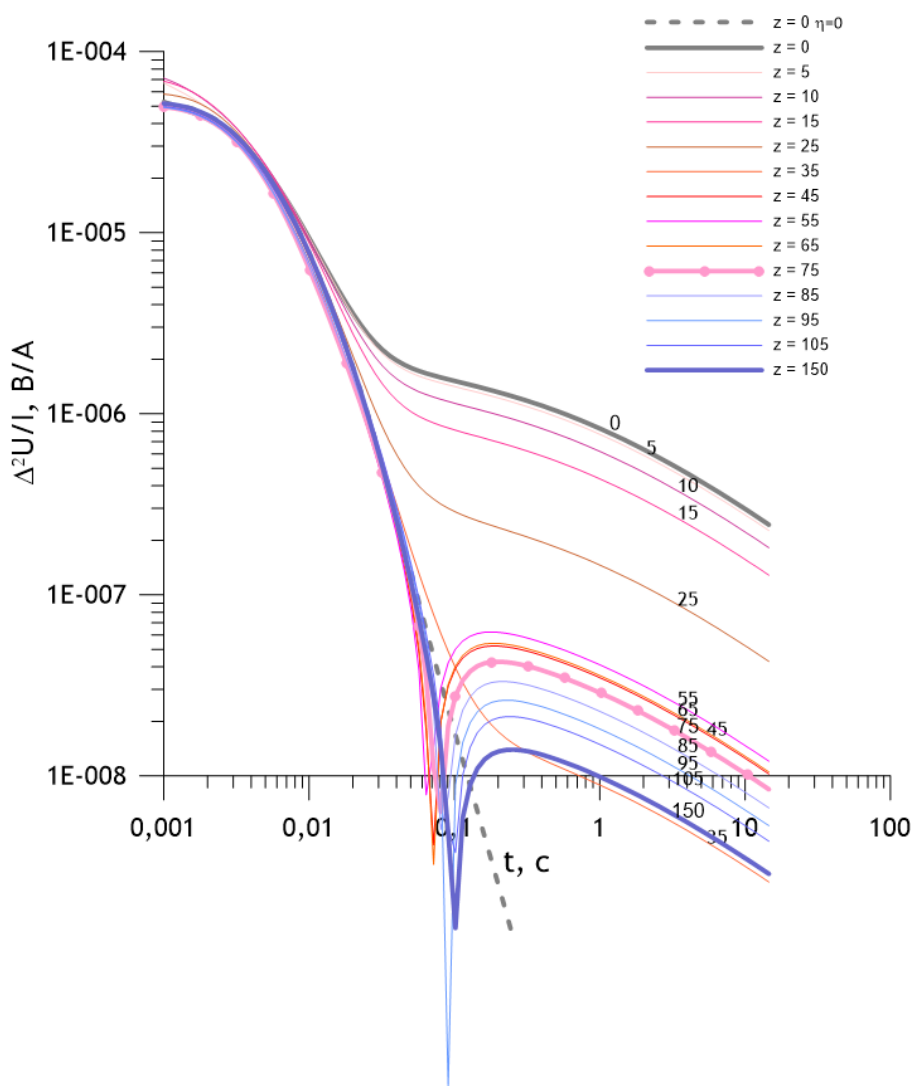


Рис. 2. Сигналы конечной разности ПП для установки с длиной источника 50 м размещённой на разной высоте над морским дном

Если о сигнале ПП для источника незаземлённая петля можно сказать, в нём конкурируют проявления сигналов становления и ВПИ, то о сигнале ПП для заземлённой электрической линии можно сказать, что в нём конкурируют сигналы СП, ВПИ и ВПГ (см. рис. 1–3). Для геоэлектрических условий суши о проявлении сигнала ВПИ можно говорить лишь теоретически (его превосходит сигнал ВПГ), то для геоэлектрических условий акваторий можно практически наблюдать проявление сигнала поляризации вызванной вихревым током в сигнале ПП. Преимущество в конкуренции между сигналами ВП, связанными с гальваническим и вихревым током, предопределяет высота установки над дном моря (поляризующейся средой). Однако сигналы СП, ВПИ и ВПГ всегда присутствуют в ПП для источника заземлённая линия.

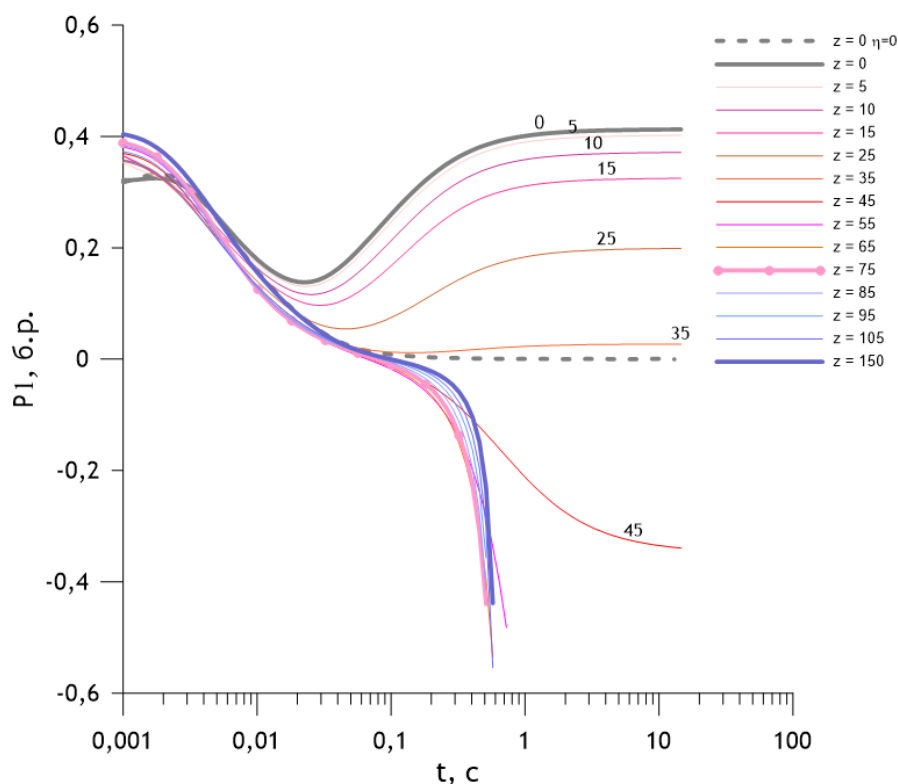


Рис. 3. Сигнал трансформанты $P_1(t)$ для установки с длиной источника 50 м размещённой на разной высоте над морским дном

На графике (рис. 4) показано изменение абсолютных значений ΔU и $\Delta^2 U$ на времени 1 с для установок, расположенных на разной высоте над поляризующимся дном (z , м). Красным цветом – положительные значения, синим – отрицательные. Изменения величины ΔU показывает преобладание сигнала ВПГ в сигнале ПП вблизи поляризующегося слоя до высоты порядка 50 м (близка к длине источника). Уменьшение значений ΔU связано как с удалением от поляризующегося объекта, так и с влиянием сигнала ВПГ, имеющего другую полярность. Выше 50 м наблюдается минимум абсолютных значений сигнала, что, вероятно, свидетельствует о взаимной компенсации сигналов ВПГ и ВПИ в сигнале ПП. При дальнейшем подъёме установки отрицательные значения сигнала ПП меняются слабо, до самой поверхности. Распределение сигнала $\Delta^2 U$ схоже, но смена знака происходит на меньшей высоте над дном - порядка 35 м. Минимальные значения $\Delta^2 U$ можно отметить на двух высотах: 35 и 150 м (высота 150 м соответствует расположению установки на поверхности водной толщи).

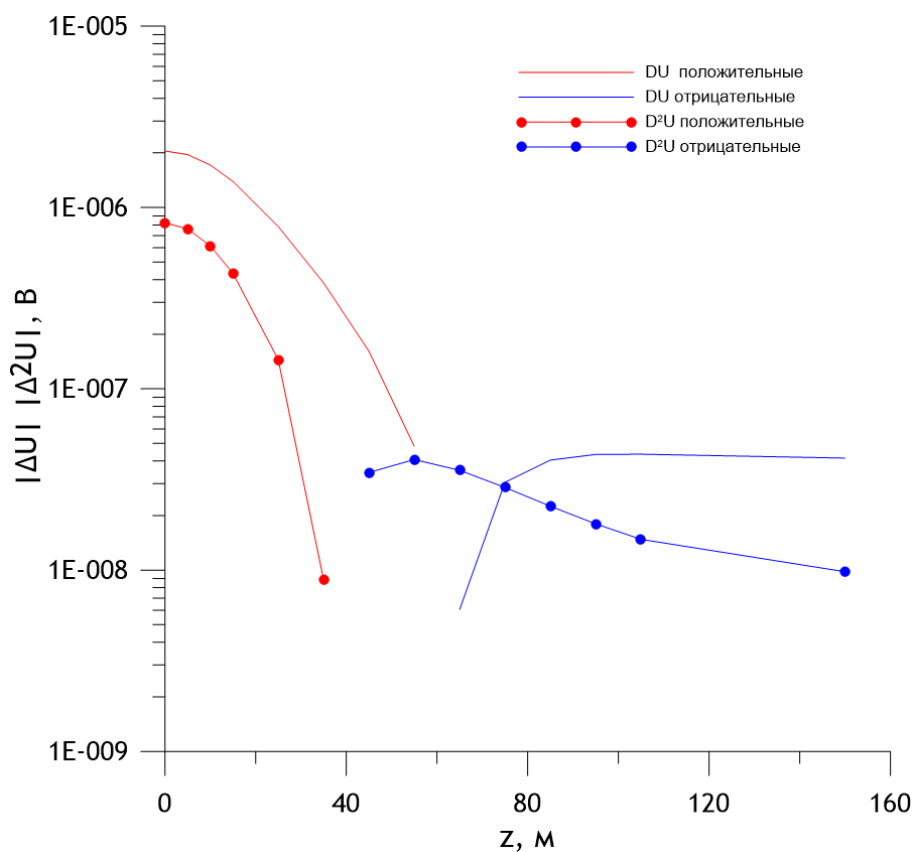


Рис. 4. Абсолютные значения ΔU и $\Delta^2 U$ на времени 1 с для установок, расположенных на высоте от 0 до 150 м над дном моря при мощности водной толщи 150 м

Заключение. В ПП для источника заземлённая линия присутствуют сигналы СП, ВПИ и ВПГ. Характер проявления сигнала ВП в сигнале ПП для условий акваторий зависит от высоты установки над дном и определяется или сигналом ВПГ или сигналом ВПИ. Проявление сигнала ВПИ выражается в смене полярности сигнала ПП. Изменение характера проявления сигнала ВП происходит на высоте сопоставимой с длиной источника.

При увеличении длины источника увеличивается продолжительность во времени РСПП, которая не зависит от высоты установки над дном.

Автор благодарен д-р геол.-минерал. наук, доценту, гл. науч. сотр. ИНГГ СО РАН Евгению Юрьевичу Антонову и Д-р геол.-минерал. наук., профессору, гл. науч. сотр. ИНГГ СО РАН Николаю Олеговичу Кожевникову за ценные советы по улучшению структуры и содержания публикации.

Работа выполнена при поддержке программы ФНИ №0331-2019-0007.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комаров В.А. Электроразведка методом вызванной поляризации. – Л. : Недра, 1980. – 391 с.
2. Каменецкий Ф.М. Электромагнитные геофизические исследования МПП. – М. : ГЕОС, 1997. – 162 с.

3. Леонтьев О.К. Дно океана. М.: Мысль. – 1968. – 320 с.
4. Легейдо П.Ю., Мандельбаум М.М., Рыхлинский Н.И. Дифференциально-нормированный метод электроразведки при прямых поисках залежей углеводородов // Геофизика. – 1995. – № 4. – С. 42–45.
5. Матвеев Б.К. Электроразведка. – М. : Недра, 1990. – 368 с.
6. Легейдо П.Ю. Теория и технология дифференциально-нормированной геоэлектроразведки для изучения поляризующихся разрезов в нефтегазовой геофизике: дис. ... д-ра геолог.-минералог. наук: 04.00.12. – Иркутск, 1998. 198 с.
7. Агеенков Е.В., Ситников А.А., Пестрев И.Ю., Попков А.В. О проявлении процессов индукционного становления и вызванной поляризации при работе с осевой и симметричной электрическими установками // Геология и геофизика. – 2020. – Т. 61. – № 7. – С. 976–991. URL: <https://doi.org/10.15372/GiG2019151>.

REFERENCES

1. Komarov V.A. Elektrozvedka metodom vyzvannoy polarizatsii. – L. : Nedra, 1980. – 391 s.
2. Kamenetskiy F.M. Elektromagnitnyye geofizicheskiye issledovaniya MPP. – M. : GEOS, 1997. – 162 s.
3. Leont'yev O.K. Dno okeana. M.: Mysl'. – 1968. – 320 s.
4. Legeydo P.YU., Mandel'baum M.M., Rykhlin'skiy N.I. Differentsial'no-normirovanny metod elektrozvedki pri pryamykh poiskakh zalezhey uglevodorodov // Geofizika. – 1995. – № 4. – S. 42–45.
5. Matveyev B.K. Elektrozvedka. – M. : Nedra, 1990. – 368 s.
6. Legeydo P.YU. Teoriya i tekhnologiya differentsial'no-normirovannoy geoelektrozvedki dlya izucheniya polarizuyushchikhsya razrezov v neftegazovoy geofizike: dis. ... d-ra geolog.-mineralog. nauk: 04.00.12. – Irkutsk, 1998. 198 s.
7. Ageyenko Ye.V., Sitnikov A.A., Pestrev I.YU., Popkov A.V. O proyavlenii protsessov induktsionnogo stanovleniya i vyzvannoy polarizatsii pri rabote s osevoy i simmetrichnoy elektricheskimi ustanovkami // Geologiya i geofizika. – 2020. – Т. 61. – № 7. – S. 976–991. URL: <https://doi.org/10.15372/GiG2019151>.

© Е. В. Агеенков, 2021