УДК 550.34.

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16543

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ОСАДКОВ НА КАЖУЩЕЕСЯ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД В СКВАЖИНЕ В РАЙОНЕ ПЛОТИНЫ ЧИРКЕЙСКОЙ ГЭС

© 2018 А.В. Дещеревский¹, к.ф.-м.н., Ш.Г. Идармачев², д.ф.-м.н.,
И.Ш. Идармачев², к.ф.-м.н.

¹Институт физики Земли РАН, 123810, Москва, Б. Грузинская, д.10,
adeshere@ifz.ru;

²ФГБУН Институт геологии Дагестанского научного центра РАН,
Россия, 367010, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Ярагского, 75,
e-mail: idarmachev@yandex.ru

Приведены результаты анализа временных рядов геофизических наблюдений в районе плотины Чиркейской ГЭС, проводимых с целью изучения опасных геологических процессов. Анализ временного ряда кажущегося электрического сопротивления горных пород в скважине с помощью пакета программ WinABD показал отсутствие влияния на измеряемый параметр импульсных помех, связанных с выпадением осадков до 50 мм.

Ключевые слова: кажущееся сопротивление, метод наложения эпох, электрическое зондирование, уровень воды в водохранилище, четырехэлектродная установка, среднесезонная компонента.

Введение

Для исследования опасных геологических процессов в районе Чиркейской ГЭС Институтом геологии Дагестанского научного центра проводятся регулярные наблюдения за отдельными геофизическими параметрами горных пород в зоне обходной фильтрации плотины ГЭС. Основные результаты работ опубликованы в ряде публикациях [Дещеревский и др., 2016; Идармачев, 2014]. Главное содержание публикаций заключается в том, что обнаружена высокая корреляционная связь между сезонным колебанием уровня воды в водохранилище и электрическим параметром горных пород – кажущимся сопротивлением (R_k). Предполагается, что такая связь обусловлена геодинамическими процессами, вызванными сезонным изменением уровня воды в водохранилище.

Кроме геодинамических процессов на электрические параметры горных пород могут оказывать влияние также метеофакторы, в том числе процессы, связанные с выпадением осадков, так как удельное сопротивление имеет сильную зависимость от водонасыщенности породы. Однако в самом начале экспериментальных работ для снижения влияния метеопомех измерительная часть была установлена в не обсаженной скважине с водой. В то же время не исключается возможность проникновения воды в скважину по трещинам после интенсивных осадков. Поэтому настоящая исследовательская задача заключалась в том, чтобы исключить ложные аномалии кажущегося сопротивления, вызванные осадками от геодинамических процессов в исследуемом массиве пород.

Для измерения электрического сопротивления горных пород в скважине применяется четырехэлектродная установка, представляющая собой зонд с закреплен-

ными на нем свинцовыми электродами. Зонд установлен на глубине 90 м от устья скважины, при этом всегда находится ниже минимального уровня воды в скважине на 30 м. Относительная погрешность измерений за суточный период не превышает $\delta=0,18\%$.

Исходные данные, используемые для анализа

Для оценки влияния осадков использовался пакет программ для обработки временных рядов WinABD, разработанный в Институте физики Земли РАН [Дещеревский и др., 1993]. Для анализа использовались среднесуточные данные p_k , полученные в области правого борта плотины Чиркейской ГЭС за период 2010–2014 гг. Для удаления аномальных выбросов ряд p_k предварительно отфильтровывался от выбросов путем сглаживания окна шириной в 30 суток (рис. 1). Далее из ряда p_k вычислялась ее среднесезонная компонента. Из рисунка 1 видно, что вариации p_k имеют сезонный ход. Далее сезонная компонента p_k была удалена путем вычитания от ряда p_k среднесезонной компоненты, в результате чего была получена остаточная компонента p_k .

Для анализа использовался остаточный ряд p_k , полученный с окном сглаживания 7 суток, а также ряд осадков в районе Чиркейской ГЭС.

Рис. 1. Отфильтрованный от выбросов ряд p_k (1), его среднесезонная (2) и остаточная (3) компоненты и атмосферные осадки, превышающие высоту столба 20 мм (4)

Методика анализа

Специфика ряда осадков имеет импульсный характер. Поэтому логично ожидать, что отклик также будет иметь вид импульсов, возможно растянутых во времени.

Визуальный анализ двух рядов 3 и 4 не показывает наличия явных признаков систематических изменений сопротивления в момент выпадения интенсивных осадков или непосредственно после этого, за исключением эпизода, которое датируется 03.07.2013 г. Однако, в другие моменты времени реакция на осадки отсутствует.

Учитывая такую разницу между разными эпизодами, для поиска влияния осадков целесообразно применить более формальный подход.

Чтобы убедиться в отсутствии систематического влияния осадков на сопротивление, можно использовать метод наложения эпох. Алгоритм Epoch состоит в следующем. В простейшем случае по заданному реперу возмущений (в данном случае возмущение – это осадки) строится окно длительностью T точек. В пределах окна оценивается среднее значение $X_{\text{ср}}$ фильтруемого ряда X и рассчитываются отклонения $Y(t)$ от среднего значения для каждого момента времени t ($t=1..T$): $Y(t) = X(t) - X_{\text{ср}}$. Считается, что полученная функция $Y(t)$ – это и есть (зашумленный) отклик на данное возмущение.

Всего для анализа доступно около 20 эпизодов. Ширина окна для расчета среднего отклика была выбрана равной 15 суток. Маловероятно, что влияние осадков длится более нескольких дней. Левая половина окна позволяет оценить степень зашумленности отклика в период, когда причинное влияние осадков заведомо исключается.

Из соображений устойчивости метод Epoch исключает из суммирования те временные интервалы, в пределах которых количество пропусков слишком велико. Тесты показали, что в данном случае изменение допустимого процента пропусков слабо влияет на результат. Для расчетов было выбрано критическое значение 25% – то есть те случаи, где пропусков больше 25%, при расчете среднего отклика не учитывались. Для уменьшения влияния случайных возмущений перед расчетом среднего отклика из ряда сопротивления целесообразно удалить выбросы. Также для уменьшения погрешности целесообразно устранить тренды. Это было сделано методом скользящего среднего с гауссовой весовой функцией ядра при ширине окна 30 суток. Далее для оценки среднего отклика, вычисляется среднеарифметическое от функций отклика для всех маркеров. Рассчитанный усредненный отклик r_k на выпадение осадков показан на рисунке 2.

На первый взгляд может показаться, что сопротивление реагирует на осадки небольшим понижением в тот же день и более сильным провалом на 6-7 день. Однако это впечатление обманчиво.

Во-первых, в левой части отклика видна явная положительная аномалия, которая не может иметь причинную связь с осадками и, следовательно, является случайной флуктуацией. Аномалии в момент выпадения осадков и на 6-й день после этого по амплитуде меньше, чем указанная флуктуация, и, следовательно, они с большой вероятностью также случайны.

Во-вторых, погрешность расчета среднего отклика во всех случаях превышает эффект в несколько раз.

Конечно, нельзя исключить, что при увеличении статистики погрешность уменьшится, и какие-то значимые эффекты могут быть обнаружены. Однако по имеющимся данным делать вывод о наличии значимого влияния осадков на сопротивление нет оснований.

Рис. 2. Усредненный график отклика p_k на осадки (репер осадков показан стрелкой)

Вывод

Анализ временного ряда кажущегося сопротивления пород в скважине, расположенной в зоне обходной фильтрации плотины Чиркейской ГЭС с применением метода наложения эпох показал отсутствие заметного влияния атмосферных осадков на измеряемый параметр. Данный вывод основан на наличии в усредненном отклике p_k положительной аномалии до начала выпадения осадков, которая не может иметь с ним причинную связь. Потому наблюдаемые на усредненном графике флуктуации отклика p_k являются случайными. Однако более обоснованные выводы могут быть сделаны с увеличением статистических данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президиума РАН: «Фундаментальные основы прорывных технологий в интересах национальной безопасности», №1.56.

Литература

1. Дещеревский А.В., Идармачев И.Ш. Анализ влияния сезонных изменений уровня воды в Чиркейском водохранилище и атмосферных параметров на кажущееся сопротивление горных пород в скважине, расположенной в районе правого борта плотины ГЭС // Геология и геофизика Юга России. – 2016. – №3. – С. 48–53.
2. Дещеревский А.В., Журавлев В.И., Сидорин А.Я. Алгоритмы фильтрации сезонных вариаций для геофизических временных рядов // Геофизические процессы в дискретной среде. – М.: ОИФЗ РАН, 1993. – С. 118–136.
3. Идармачев И.Ш. Вариации кажущегося сопротивления массива горных пород верхнего мела в районе плотины Чиркейской ГЭС под воздействием переменной нагрузки водохранилища // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2014. – №52. – С. 11–15.

DOI: 10.23671/VNC.2018.3.16543

EVALUATION OF THE EFFECT OF PRECIPITATION ON THE APPARENT RESISTIVITY OF ROCKS IN BOREHOLES IN THE DAM AREA OF CHIRKEY HYDROPOWER STATION

© 2018 A.V. Desherevsky¹, Sc. Candidate (Phys.-Math.),
S.G. Idarmachev², Sc. Doctor (Phys.-Math.),
I.S. Idarmachev², Sc. Candidate (Phys.-Math.)

¹The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences,
Russia, 123995, Moscow, B. Gruzinskaya Str., 10-1,
e-mail: adeshere@ifz.ru;

²Institute of Geology of the Dagestan Scientific Center of the RAS,
Russia, 367010, Republic of Dagestan, Makhachkala, Yaragskiy Str., 75,
e-mail: idarmachev@yandex.ru

The results of the analysis of time series of geophysical observations in the area of the dam of the Chirkei hydroelectric power station, aimed at the study of dangerous geological processes. Analysis of the time series of apparent electrical resistance of rocks in the well using WinABD software package showed no effect on the measured parameter of impulse noise associated with precipitation up to 50 mm.

Keywords: apparent resistivity, the method of superposition of epochs, the electrical sensing, the water level in the reservoir, the four-electrode setup, the average seasonal component.

References

1. Desherevskij A.V., Idarmachev I.Sh. Analiz vlijaniya sezonnyh izmenenij urovnja vody v Chirkejskom vodohranilishhe i atmosferynyh parametrov na kazhushheesja soprotivlenie gornyh porod v skvazhine, raspolozhennoj v rajone pravogo borta plotiny GJeS [Analysis of the seasonal changes in the water level impact in the Chirkey reservoir and atmospheric parameters on the apparent resistance of rocks in the well located in the area of the right side of the hydroelectric dam]. *Geologija i geofizika Juga Rossii*. 2016. №3. Pp. 48–53.
2. Desherevskij A.V., Zhuravlev V.I., Sidorin A.Ja. Algoritmy fil'tracii sezonnyh variacij dlja geofizicheskikh vremennyh rjadov [Seasonal variation filtering algorithms for geophysical time series]. *Geofizicheskie processy v diskretnoj srede*. M. OIFZ RAN, 1993. Pp. 118–136.
3. Idarmachev I.Sh. Variacii kazhushhegosja soprotivlenija massiva gornyh porod verhnego mela v rajone plotiny Chirkejskoj GJeS pod vozdejstviem peremennoj nagruzki vodohranilishha [Variation of apparent resistivity of rocks of the upper Cretaceous in the area of the Chirkei hydroelectric power station dam under the influence of the variable load of the reservoir]. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo centra RAN*. 2014. №52. Pp. 11–15.