

РЕГИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ПРИОЛЬХОНЬЯ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ И МЕТОДА ЕП*

Николай Олегович Кожевников

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории геоэлектрики, тел. (383)333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

Известно, что в метаморфических породах Чернорудской тектонической зоны Приольхонья отмечаются значительные проявления графитовой минерализации. Согласно результатам электроразведочных исследований методами ЗСБ и ЕП, породы Чернорудской зоны имеют высокую электропроводность, поскольку графит образует здесь непрерывную, связанную систему, что привело к драматическому понижению модуля сдвига пород Чернорудской зоны. Поэтому под действием субвертикальных сдвиговых напряжений, инициированных в кайнозой, именно в Чернорудской зоне происходили и происходят сдвиговые перемещения большой амплитуды. Чернорудской грабен и, возможно, Маломорский рифт являются одним из проявлений этого процесса.

Ключевые слова: Приольхонье, тектоника, ЗСБ, ЕП, проводящая зона, графит.

REGIONAL SCALE STRUCTURE OF PRIOLKHONYE FROM ELECTROMAGNETIC SOUNDING AND SP SURVEYS

Nikolay O. Kozhevnikov

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Koptuyug Prospect, Doctor of Science, Professor, Principal Scientist, tel. (383)333-28-16, e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

Metamorphic rocks of the Chernorud zone (Priolkhonye) are known to contain significant amounts of graphite mineralization. TEM and SP surveys in Priolkhonye have shown that rocks of the Chernorud zone have high conductivity, for graphite forms here continuous, electrically conductive network which resulted in dramatic decrease in shear modulus of the rocks. As a consequence under the action of near-vertical shear stress initiated since Cenozoic it is just the Chernorud zone where significant near-vertical deformations were and still are occurring. The Chernorud graben and, apparently, the Maloe more rift are manifestation of the above process.

Key words: Priolkhonye, tectonics, TEM, SP, electrically conductive zone, graphite.

Электроразведочные исследования методами естественного электрического поля (ЕП) и зондирования становлением поля в ближней зоне (ЗСБ), выполненные в Приольхонье, выявили некоторые особенности тектонического строения этого региона в интервале глубин от первых десятков до первых сотен метров [1]. Согласно результатам этих работ, региональная структура Приольхонья носит двумерный характер и определяется наличием северо-западного и

* Работа выполнена при финансовой поддержке ОНЗ РАН.

юго-восточного тектонических блоков, граница между которыми проходит по Кучулгинскому региональному разлому (рис. 1).

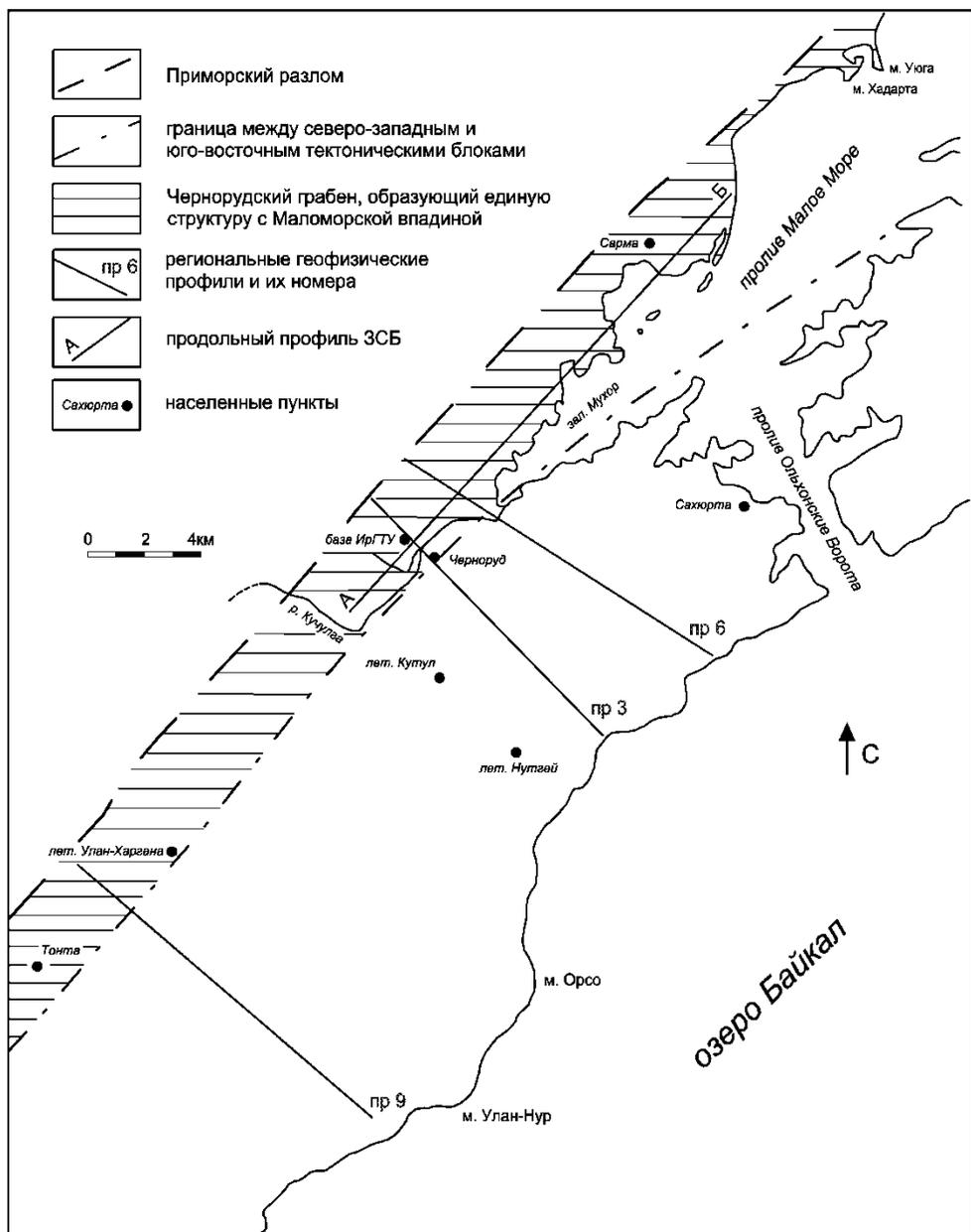


Рис. 1. Схема расположения геофизических профилей и элементы региональной структуры Приольхонья

Северо-западный блок представлен Чернорудской тектонической зоной, в пределах которой породы ольхонского метаморфического комплекса подверглись максимальной тектонической проработке. По результатам ЗСБ зона отмечается низким (от 0.1 до 10 Ом·м) удельным электрическим сопротивлением (рис. 2), а по данным метода ЕП – проявляется в виде отрицательных аномалий потенциала U (рис. 3), создаваемых геобатареей, неотъемлемым элементом которой являются круто падающие проводящие пласты.

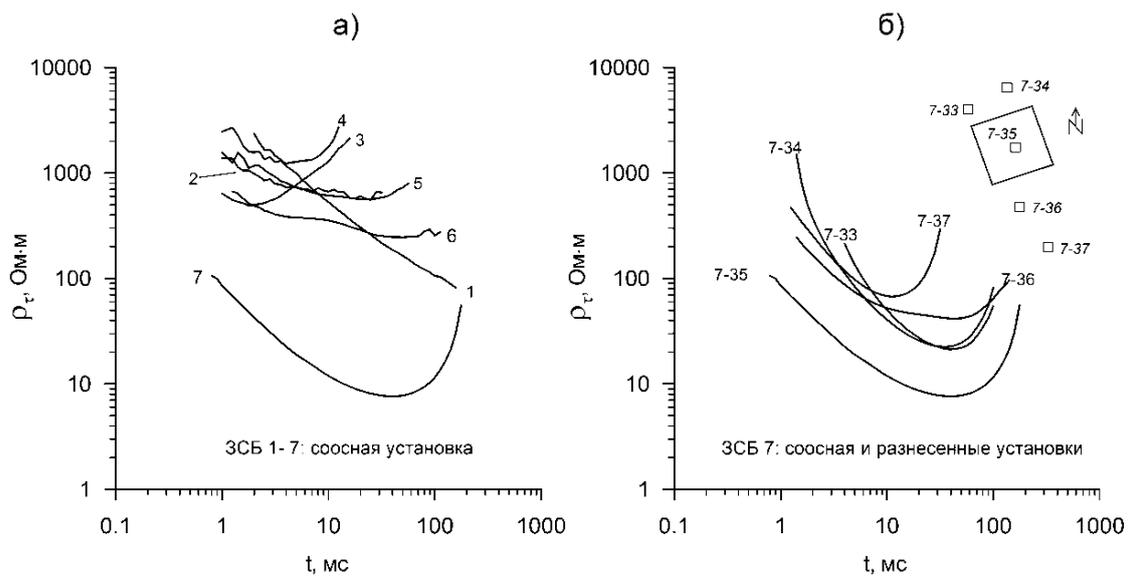


Рис. 2. Кривые кажущегося удельного сопротивления метода ЗСБ (см. рис. 1, ПР 6):

а – измеренные соосной установкой в пределах юго-восточного блока (ЗСБ 1 - 6) и Чернорудской зоны (ЗСБ 7); б – измеренные соосной и разнесенными установками в Чернорудской зоне. Размер генераторной петли – 400 м х 400 м, приемной – 18 м х 18 м (показана не в масштабе)

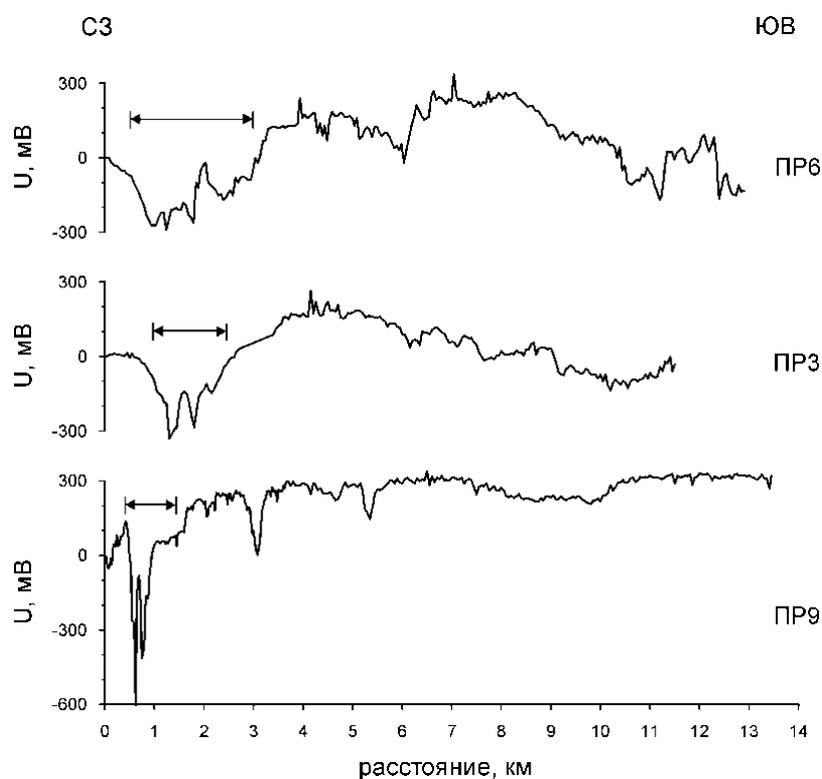


Рис. 3. Графики потенциала ЕП вдоль региональных профилей, пересекающих Приольхонье (см. рис. 1). Горизонтальными стрелками показано положение и ширина отрицательных аномалий ЕП, «трассирующих» Чернорудскую зону

Несколько неожиданным оказалось обнаружение здесь методом ЗСБ пологих проводников, кровля которых залегает на глубинах 100–400 м. Юго-восточный блок включает широкую полосу пород между Кучулгинским разломом и побережьем о. Байкал. По сравнению с Чернорудской зоной, этот блок более «спокоен» в тектоническом отношении. Здесь нет аномалий потенциала ЕП большой амплитуды (см. рис. 3), а субгоризонтальные проводники, подобные тем, которые выделены в Чернорудской зоне, не обнаружены.

Высокая электропроводность полого- и крутопадающих структур, которыми «трассируется» Чернорудская зона, объясняется присутствием здесь графита, который образует протяженные электрически проводящие системы. Возраст формирования зоны оценивается примерно в 400–500 млн. лет. Таким образом, по сравнению с Байкальским рифтом она представляет собой древнюю структуру.

В то же время по данным геологического картирования и геофизических съемок методами ЕП и ЗСБ положение Чернорудской зоны в плане совпадает с контуром неотектонической структуры, известной как Мухор-Таловский блок [2]. Последний представляет собой грабенообразный прогиб, протягивающийся в виде узкой полосы вдоль Приморского разлома от р. Бугульдейки до залива Мухор и далее в Малое Море. Тектонический уступ Приморского разлома является северо-западной границей прогиба. С юго-востока прогиб ограничен менее значительным по высоте уступом Кучулгинского разлома. В пределах суши ширина прогиба 1.5–3 км, за пределами суши, постепенно возрастая, она достигает в Малом Море напротив острова Ольхон 10 км и больше. На участке между р. Ангой и заливом Мухор прогиб известен также как Чернорудский грабен (см. рис. 1).

Поскольку, с одной стороны, Чернорудская зона существовала до появления Чернорудского грабена, а с другой – положение этих структур в плане совпадает, логично предположить, что они связаны отношением причина-следствие. В этой связи возникает вопрос: почему наибольшие нарушения и вертикальные перемещения линейных блоков, в результате которых в новейшее время образовался Чернорудский грабен, наблюдается именно в пределах древней Чернорудской зоны?

Как уже упоминалось, в породах Чернорудской зоны отмечаются значительные проявления графитовой минерализации. Согласно литературным данным, графит пользуется репутацией выдающегося «смазчика» [3]. Присутствие в породах графита, особенно в виде непрерывной, связанной системы, приводит к драматическому понижению их модуля сдвига. Напомним, что результаты электроразведочных исследований со всей определенностью говорят о том, в Чернорудской зоне графит представлен такой системой. Поэтому при возникновении субвертикальных сдвиговых напряжений, которые были инициированы в кайнозое, именно в Чернорудской зоне произошли и происходят сдвиговые перемещения большой амплитуды.

Известно, что напряжения сдвига способствуют преобразованию содержащих углерод флюидов в графит, образующий электрически-связанные си-

стемы с высокой электропроводностью [4], которые можно «увидеть» с помощью электроразведочных методов. Однако в литературе почему-то не нашел отражения тот факт, что максимальные сдвиговые деформации должны происходить именно там, где уже присутствует связанная в единую систему графитовая минерализация. Очевидно, коль скоро речь идет о формировании грабена, наибольший интерес представляют круто падающие зоны, в которых сконцентрирован графит, образующий протяженные, непрерывные системы. Такие зоны выделены и прослежены с помощью метода ЕП в протяженной полосе между Приморским и Кучулгинским разломами (см. рис. 3).

Поведение кровли субгоризонтальных проводящих тел также отражает некоторые особенности неотектоники Приольхонья. На рис. 4 показано, как абсолютные отметки кровли полого залегающего проводника, прослеженного в пределах северо-западного тектонического блока методом ЗСБ, изменяется по направлению ЮЗ-СВ вдоль профиля АБ, между падью Харьян на юго-западе и дельтой р. Сармы на северо-востоке (см. рис. 1). Кровля зоны погружается в северо-восточном направлении, средний уклон составляет 20 м/км. В этом же направлении и примерно под таким же углом наклонена поверхность рельефа Ангино-Маломорского блока, которая местами подходит к берегу Байкала и далее скрывается в его водах [2]. Очевидная корреляция между двумя поверхностями – современного рельефа и кровли проводящей зоны – свидетельствует о том, что при изучении структуры Приольхонья и Маломорского рифта с помощью электроразведки кровля проводящей зоны может быть использована в качестве маркирующего горизонта, «встроенного» в породы ольхонского метаморфического комплекса.

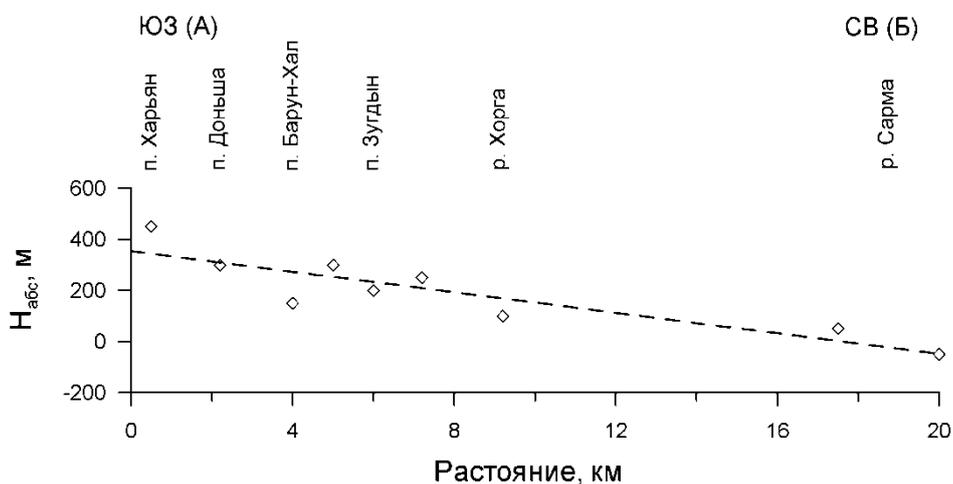


Рис. 4. Положение кровли проводящей зоны (маленькие ромбы) по данным ЗСБ и аппроксимирующий ее линейный тренд (штриховая линия)

Как показано выше, графит маркирует именно те участки земной коры, где наиболее легко происходят сдвиговые перемещения. В результате таких перемещений, направленных преимущественно вертикально, сформировались со-

временный рельеф Приольхонья и Маломорский рифт. Известно, что Маломорский рифт и Приольхонье развиваются как единая структура [2]. Это находит отражение в геоэлектрической модели: северо-восточный фланг показанной на рис. 4 проводящей зоны может быть отнесен как к собственно Приольхонью, так и Маломорскому рифту. По данным электроразведки глубина залегания кровли субгоризонтального проводящего маркирующего горизонта, в том числе на участках ее резкого изменения, может быть прослежена и на акватории Малого моря. С учетом общности геологической истории Приольхонья (где электроразведка показала высокую эффективность) и Маломорской впадины можно ожидать, что постановка электроразведочных работ на акватории Малого моря и на прилегающей территории о. Ольхон открывает дополнительные возможности для изучения структуры Маломорского рифта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кожевников Н.О., Бигалке Ю., Кожевников О.К. Региональная структура Приольхонья по данным геоэлектрических исследований // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 2. – С. 253–265.
2. Смолянский Е.Н., Гончар Г.А. Основные черты неотектоники Приольхонья // Геофизика на пороге третьего тысячелетия. Труды второй Байкальской молодежной школы-семинара. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. - С. 5–21.
3. Kiyokazu Oohashi, Takehiro Hirose, and Toshihiko Shimamoto. Graphite as a lubricating agent in fault zones: An insight from low- to high-velocity friction experiments on a mixed graphite-quartz gouge *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. - 2013.- V. 118. - P. 2067–2084. - doi:10.1002/jgrb.50175.
4. Nover G., Stoll J.B., and Gönna J. Promotion of graphite formation by tectonic stress – a laboratory experiment // *Geophys. J. Int.* - 2005. - 160. - P. 1059–1067.

© Н. О. Кожевников, 2015