

ПРОГНОЗ СКОПЛЕНИЯ ГАЗОВЫХ ГИДРАТОВ В МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ ПО ДАННЫМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ЗОНДИРОВАНИЙ

Анна Васильевна Мамаева

Сибирский научно-исследовательский институт Геологии, Геофизики и Минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, ул. Потанинская, 6, ведущий эксперт, e-mail: mamaeva@sniiggims.ru

Евгений Валерьевич Крупнов

Сибирский научно-исследовательский институт Геологии, Геофизики и Минерального сырья, 630091, Россия, г. Новосибирск, ул. Потанинская, 6, начальник отдела, e-mail: krupnov@sniiggims.ru

В работе рассмотрены результаты электромагнитных исследований методом ЗСБ, выполненных в пределах Нижне-Алданской площади Центральной Якутии с целью изучения особенностей геоэлектрического строения верхней части разреза. Изучена верхняя часть криолитозоны, определены ее геоэлектрические характеристики, выделены таликовые зоны, а также зоны, перспективные на обнаружение скопления газовых гидратов.

Ключевые слова: метод ЗСБ (зондирование становлением поля в ближней зоне), удельное электрическое сопротивление, газовый гидрат, многолетнемерзлые породы, ММП, Нижне-Алданская площадь, Центральная Якутия

FORECAST OF GAS HYDRATE ACCUMULATION IN MEZSOZOIC SEDIMENTS OF CENTRAL YAKUTIA FCCJRNDING TO ELECTROMAGNETIC SOUNDING DATA

Anna V. Mamaeva

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 6 Potaninskaya str., Leading Expert, e-mail: mamaeva@sniiggims.ru

Evgeny V. Krupnov

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, 630091, Russia, Novosibirsk, 6 Potaninskaya str., Head Department., e-mail: krupnov@sniiggims.ru

This article discusses the results of electromagnetic studies by the TEM method. They are made within the limits of Central Yakutia. The purpose of the research is to study the features of the geoelectric structure of the upper part of the section. The upper part of the cryolithozone was studied, its geoelectric characteristics were determined, talik zones were identified, as well as zones promising for detecting gas hydrate accumulations.

Keywords: TEM, electrical resistivity, gas hydrate, permafrost rocks, Nizhne-Aldanskaya area, Central Yakutia

Согласно карте «Карте распространения ММП на территории России», территория Нижне-Алданской площади относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП), мощностью до 400 метров при средней температуре $(-3)^{\circ}\text{C} - (-5)^{\circ}\text{C}$. В верхней части разреза, представленной мезо-

кайнозойскими отложениями, выделяются два типа криогенного строения: эпигенетические и сингенетические мерзлые толщи [1]. К первому типу относятся все дочетвертичные образования, которые перешли в многолетнемерзлое состояние после завершения процесса осадконакопления. Ко второму – большая часть отложений, сформировавшихся на мерзлом субстрате в позднем плейстоцене и голоцене и промерзавших синхронно с процессом осадконакопления [2]. Среди дочетвертичных пород наименее насыщены льдом мезозойские образования угленосной формации. Для этих пород характерно однородное, выдержанное по площади и в разрезе криогенное строение. Для сцементированных пород (песчаников, алевролитов) типичны унаследованные (поровые и трещинные) криотекстуры, для нелитифицированных – массивные. Палеоген-неогеновые отложения, а также аллювиальные пески и галечники характеризуются массивной криотекстурой с поровым льдом –цементом. Согласно данным бурения на правом берегу р. Лены мощность толщи ММП составляет – 350-450 м. Ниже породы находятся в морозном состоянии. Нулевая изотерма проходит немногим ниже 400-600 м [«Карта мощности криолитозоны СССР», 1991].

Проведенные исследования выявили следующие основные особенности геоэлектрического строения верхней части разреза: двухслойное строение криолитозоны (КЛЗ); сокращение мощности многолетнемерзлых пород в южном и юго-западном направлениях; наличие проводящих объектов изометричной формы, пространственно сопряженных с озерами и долинами мелких рек. Верхняя часть криолитозоны представлена твердомерзлыми породами (преимущественно четвертичного и палеоген-неогенового возраста) с высокими значениями УЭС, а нижняя – морозными или пластично-мерзлыми породами (мезозойского возраста) с относительно низкими значениями УЭС. Здесь следует пояснить, что мы имеем в виду. Термином "мерзлые породы" описываются отложения, содержащие лед. Мерзлые породы всегда находится в поясе отрицательных температур, т.е. залегают выше нулевой изотермы. Мощность таких пород либо совпадает с ней, если она подстилается пресными водоносными горизонтами, либо меньше ее, если под мерзлыми породами располагаются морозные или охлажденные породы (содержащие минерализованные воды) [3]. В нашем случае мощность пояса отрицательных температур превышает мощность мерзлой зоны на сотни метров. Под мерзлыми породами практически повсеместно залегают породы в пластичном или морозном состоянии без видимых включений льда (рис. 1).

При этом наблюдается неоднородное латеральное распределение УЭС в широком диапазоне глубин. Здесь практически на всех профилях, выделяются объекты с высокими значениями удельного сопротивления – свыше 900 Ом·м. Скорее всего это связано с особенностями геокриологического строения верхней части КЛЗ, а именно с широким распространением грубодисперсного материала в четвертичных и палеоген-неогеновых отложениях (пески, прослой супесей, суглинков и гравия). Опираясь на вышеизложенные данные, был выполнен прогноз льдистости мерзлой толщи до глубины 400 метров.

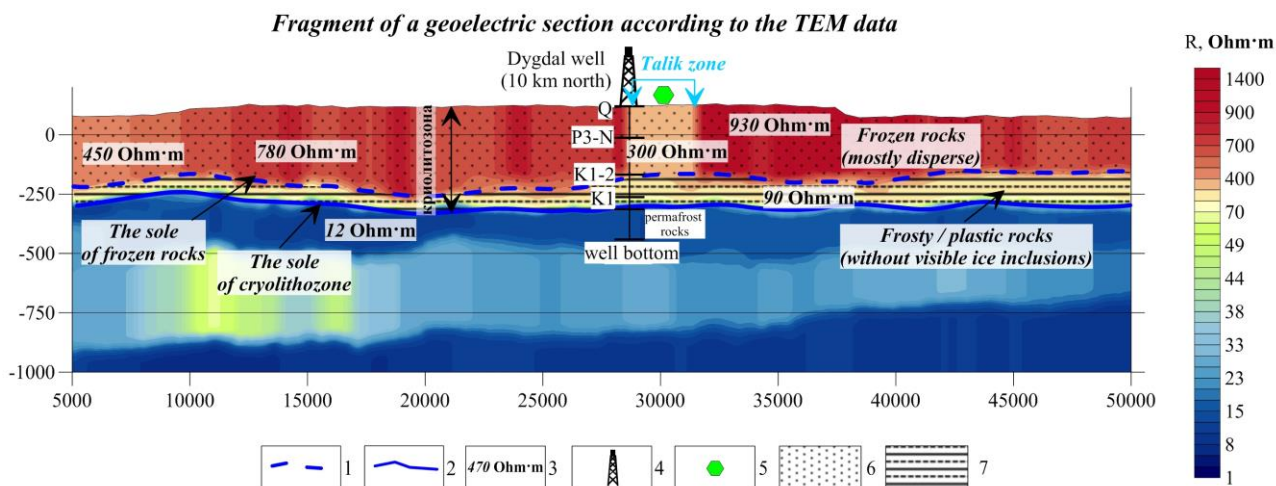


Рис. 1. Геоэлектрический разрез криолитозоны

1 - граница подошвы мерзлых пород по данным ЗСБ, 2 - граница криолитозоны, 3 - сопротивление в Омм, 4 - гидрогеологические скважины, 5 - установленные таликовые зоны, 6 - породы, вскрытые скважиной, представленные песками, 7 - представленное чередованием песков, аргиллитов и глин

В рамках работ нами была предпринята попытка рассмотрения нижней части КЛЗ, представленной пластично-мерзлыми породами, как перспективный интервал разреза на обнаружение скопления газогидратов, так как в силу сходства свойств льдо- и гидратосодержащих пород при стандартном геофизическом исследовании скважин (ГИС) газогидратные скопления можно принять за мерзлые породы [4].

Газовые гидраты (ГГ) – кристаллические соединения, образованные из молекул воды и низкомолекулярных газов. ГГ широко распространены в субмаринных условиях, начиная с глубин 350–400 м, а также в областях криолитозоны глубже 200–250 м [5]. Гидраты природных газов могут образовываться при определенных для каждого газа – гидрообразователя термобарических условиях внутри зоны стабильности газогидратов (ЗСГ). В континентальных условиях области распространения зон стабильности гидратов большинства природных газов приурочены к областям распространения ММП и ледников, а также к зонам низких и отрицательных геотермических градиентов. Это обусловлено тем, что лишь при длительном и глубоком охлаждении литосферы возникают необходимые предпосылки для формирования в разрезах условий гидратообразования. Мощность ЗСГ обычно пропорциональна мощности криолитозоны – чем глубже залегает нулевая изотерма, тем больше мощность зоны стабильности гидратов [6].

В ходе многочисленных исследований, в основном в Западной Сибири, были сформулированы основные петрофизические признаки коллекторов, содержащих природные скопления ГГ: повышенные удельные электрические сопротивления и скорости распространения упругих волн; четко выраженные повышенные показания нейтронных методов каротажа; увеличение содержания

фонового газа по результатам газового каротажа; отсутствие признаков проникновения фильтрата бурового раствора в пласт.

Анализ результатов, полученных предшественниками показал, что определенный интерес на рассматриваемой территории представляет комплекс отложенный верхнеюрско-нижнемелового возраста, развитый повсеместно в пределах северного склона Якутского поднятия. По данным С.П. Никитина (1985) [7] особого внимания заслуживают зоны выходов осадочных отложений на дневную поверхность по бортам прогибов и впадин, перекрытых мерзлотной покровной. Здесь, возможно, как скопление свободного газа, так и стабильных газовых гидратов. Важнейшим фактором, обуславливающим возможность образования и существования газогидратных скоплений, является наличие достаточного количества газа – гидратообразователя.

На территории исследования в зону стабильности гидратов попадают регионально распространенные песчаные отложения нижнего мела – эхксеняхской, батылыхской свит. При бурении гидрогеологических скважин, вскрывших терригенный мезо-кайнозойский разрез, из данного интервала разреза были зафиксированы газопроявления различного характера (спонтанные выходы метана) [8].

В ходе проведения работ, по данным ЗСБ, на карте–срезе - 400 м (абс.отм.) установлены зоны повышения сопротивлений с граничными значениями от 40 до 80 Ом·м, при фоновых в 20 Ом·м. Для более детального оконтуривания аномального участка, были построена карта распределения удельных сопротивлений предположительно в отложениях батылыхской свиты нижнего мела. Повышение сопротивления в данном интервале разреза могут свидетельствовать о распространении здесь газогидратных отложений. Кроме того, в верхней части разреза под предполагаемым перспективным объектом, фиксируется уменьшение мощности первого слоя КЛЗ (рис. 2).

Предполагается, что эти аномалии обусловлены, главным образом, протеканием экзотермических реакций в залежах углеводородов. Существование такого явления установлено по данным бурения на некоторых вилюйских газоконденсатных месторождениях Якутии. На Неджелинской, Мастахской, Толонской и частично Средне-Вилуойской структурах Хапчагайского поднятия Вилуойской синеклизы были проведены специальные работы методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). По результатам работ было обнаружено, что над залежами углеводородов в названных структурах, сокращение мощности мерзлых толщ достигает сотен метров. Участки с минимальной мощностью мерзлой толщи коррелируются с продуктивными частями месторождений [9].

Таким образом, исходя из вышеизложенного, можно предположить существование путей миграции, обеспечивающих подток газа из нижележащих юрских горизонтов. В первую очередь, такими путями являются субвертикальные разломы земной коры, в том числе неотектонические, которые широко развиты в пределах площади работ. В пользу этого предположения говорит наличие геохимических аномалий метана, этана, бутана, оконтуривающих перспективный объект.

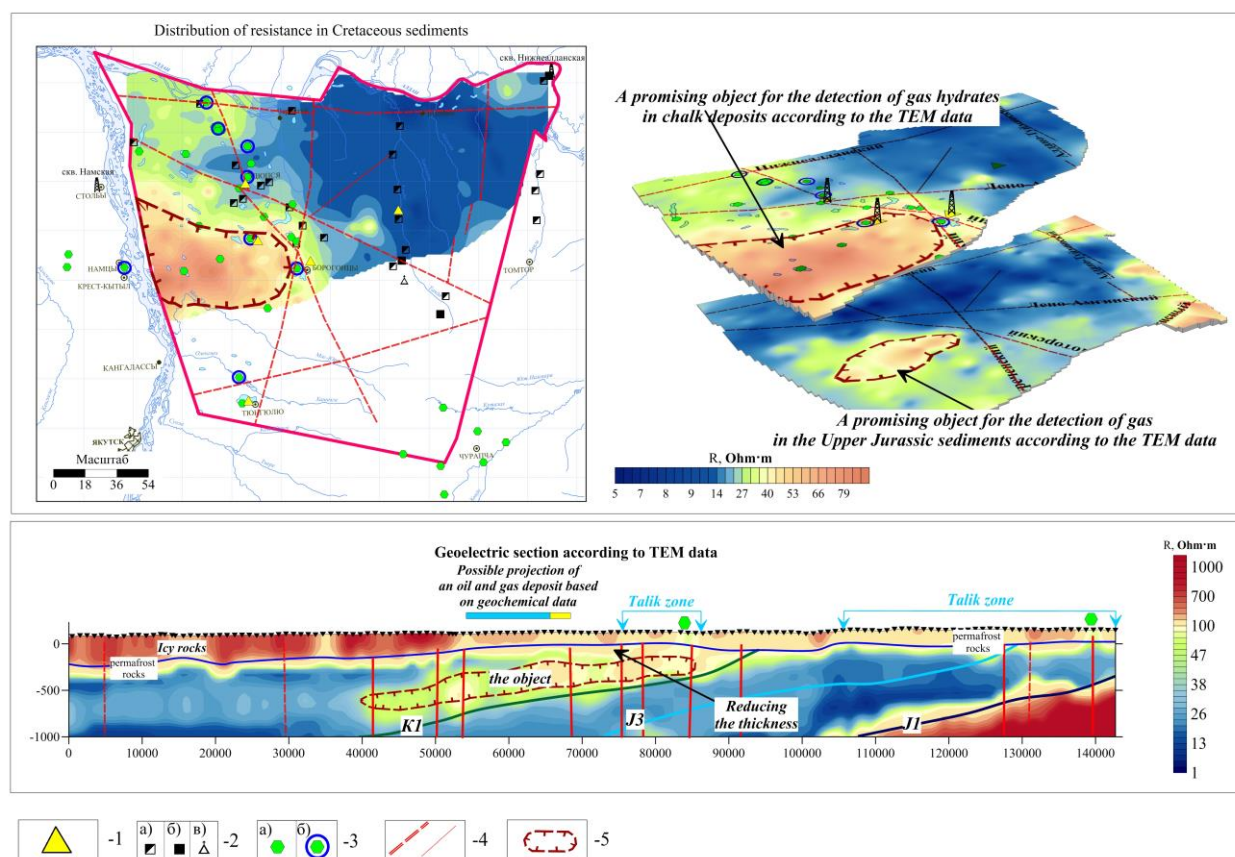


Рис. 2. Прогноз перспективных объектов в отложениях мела

1 - спонтанные выходы газа из батылыхской свиты нижнего мела, 2 - проявления горючих ПИ: а) бурый уголь, б) каменный уголь, в) газ, 3 - талики: а) ранее установленные, б) ранее установленные и заверенные бурением, 4 - тектонические нарушения по геологическим и геофизическим данным, 5- перспективные объекты

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Писаренко И.А., Гидрогеологические, инженерно-геологические и геоэкологические условия Центральной Якутии, Бестях, 2002, (фондовая, № 3076, Центр_Якутск).
2. Бойцов А. В., Геокриология и подземные воды криолитозоны: учебное пособие, Тюмень, 2011, С.8
3. Маслов А.Д., Осадчая Г.Г., Тумель Н.В. Шполянская Н.А, Основы геокриологии: учебное пособие, Ухта, 2005, С. 14
4. Чувилин Е.М., Перлова Е.В., Дубиняк Д.В. Экспериментальное моделирование условий существования газовых гидратов в морских отложениях п-ва Ямал // Материалы II конф. геокриологов России. М., МГУ, 2001, т. 1, С. 169–173.
5. Истомин В.А., Квон В.Г, Дуров В.А. Метастабильное состояние газовых гидратов // Газовая промышленность, спецвыпуск «Газовые гидраты». – 2006. – С. 32-35.
6. Якушев В.С., Перлова Е.В., Махонина Н.А., Чувилин Е.М., Козлова Е.В. Газовые гидраты в отложениях материков и островов Российской Химический Журнал. Том XLVII (2003) № 3, Газовые гидраты, С. 81.
7. Никитин С.П. Геология нефти и газа. Москва, 09'1985, Перспективы газонефтеносности зон выходов фанерозойских отложений районов мерзлоты Восточной Сибири, С. 12-14.
8. Сивцев А.И., Чалая О.Н., Зуева И.Н. Перспективы нефтегазосности Центральной Якутии как ресурс энергобезопасности // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело» № 2, 2016, С. 79-80.

9. Якупов В.С. Залежи углеводородов и сопутствующие им аномалии глубины залегания верхней и нижней границ мерзлых толщ, Соровский образовательный журнал № 11, 1997, С. 60.

REFERENCES

1. Pisarenko I.A., *Gidrogeologicheskie, inzhenerno-geologicheskie i geoekologicheskie usloviya Central'noj YAkutii*, Bestyah, 2002, (fondovaya, № 3076, Centr_ YAkutsk).

2. Bojcov A.V., *Geokriologiya i podzemnye vody kriolitozony: uchebnoe posobie*, Tyumen', 2011, S.8.

3. Maslov A.D., Osadchaya G.G., Tumel' N.V., SHpolyanskaya N.A., *Osnovy geokriologii: uchebnoe posobie*, Uhta, 2005, S. 14.

4. CHuvilin E.M., Perlova E.V., Dubinyak D.V. *Eksperimental'noe modelirovanie uslovij sushchestvovaniya gazovyh gidratov v morskikh otlozheniyah p-va YAmal // Materialy II konf. geokriologov Rossii. M., MGU, 2001, t. 1, S. 169–173.*

5. Istomin V.A., Kvon V.G, Durov V.A. *Metastabil'noe sostoyanie gazovyh gidratov // Gazovaya promyshlennost', specvypusk «Gazovye gidraty». – 2006. – S. 32-35.*

6. YAkushev V.S., Perlova E.V., Mahonina N.A., CHuvilin E.M., Kozlova E.V. *Gazovye gidraty v otlozheniyah materikov i ostrovov Rossijskij Himicheskij ZHurnal. Tom XLVII (2003) № 3, Gazovye gidraty, S. 81.*

7. Nikitin S.P. *Geologiya nefti i gaza. Moskva, 09'1985, Perspektivy gazoneftnosnosti zon vyhodov fanerozojskikh otlozhenij rajonov merzloty Vostochnoj Sibiri, S. 12-14.*

8. Sivcev A.I., CHalaya O.N., Zueva I.N. *Perspektivy neftegazonosnosti Central'noj YAkutii kak resurs energobezопасности // Elektronnyj nauchnyj zhurnal «Neftegazovoe delo» № 2, 2016, S. 79-80.*

9. Yakupov V.S. *Zalezhi uglevodorodov i soputstvuyushchie im anomalii glubiny zaleganiya verhnjej i nizhnjej granic merzlyh tolshch, Sorovskij obrazovatel'nyj zhurnal № 11, 1997, S. 60.*

© А. В. Мамаева, Е. В. Крупнов 2021