



УДК 550.8.056, 550.837.211

АНОМАЛИИ ПОВЫШЕННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОД СЛОЕМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД - НОВЫЙ ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.П.Афанасенков (ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт»),
Р.П.Волков, Д.В.Яковлев (ООО «Северо-Запад»)

Над месторождениями УВ на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба по результатам наземных электроразведочных работ выявлены подмерзлотные аномалии повышенного сопротивления. Работы проводились методом магнитотеллурического зондирования. В статье обсуждается возможная природа этих аномалий. Предлагается использовать это явление как новый поисковый признак залежей УВ на севере Западной Сибири и в Енисей-Хатангском региональном прогибе.

Ключевые слова: аномалии сопротивления; многолетнемерзлые породы; новый поисковый признак; прогноз залежей УВ; магнитотеллурическое зондирование; удельное электрическое сопротивление; Енисей-Хатангский региональный прогиб; газогидраты; подмерзлотные скопления газа.

В 2014-2015 гг. проводились региональные геофизические исследования на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба на Новотаймырской площади по заказу Роснедр. В геофизический комплекс входили сейсморазведка МОГТ 2D и электроразведка методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ). Электроразведочные работы этим методом проводились вдоль сейсморазведочных профилей для получения информации о литологических свойствах разреза, прогнозе зон распространения коллекторов, оценки перспектив нефтегазоносности территории по результатам комплексной интерпретации геофизических данных. Площадь исследований расположена на территории Усть-Енисейского района Таймырского округа Красноярского края, в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба, на правом берегу р.Енисей, входит в состав Енисей-Хатангской нефтегазоносной области (рис. 1).

Енисей-Хатангский региональный прогиб приурочен к северной перикратонной части Сибирской платформы и оконтуривается областью распространения юрско-меловых отложений. На севере он граничит с Таймырской складчатой системой, на востоке — с Анабаро-Хатангской седловиной. Западная часть прогиба примыкает к Западно-Сибирской плите (мегасинеклизе) и по условиям осадконакопления неразрывно связана с ней.

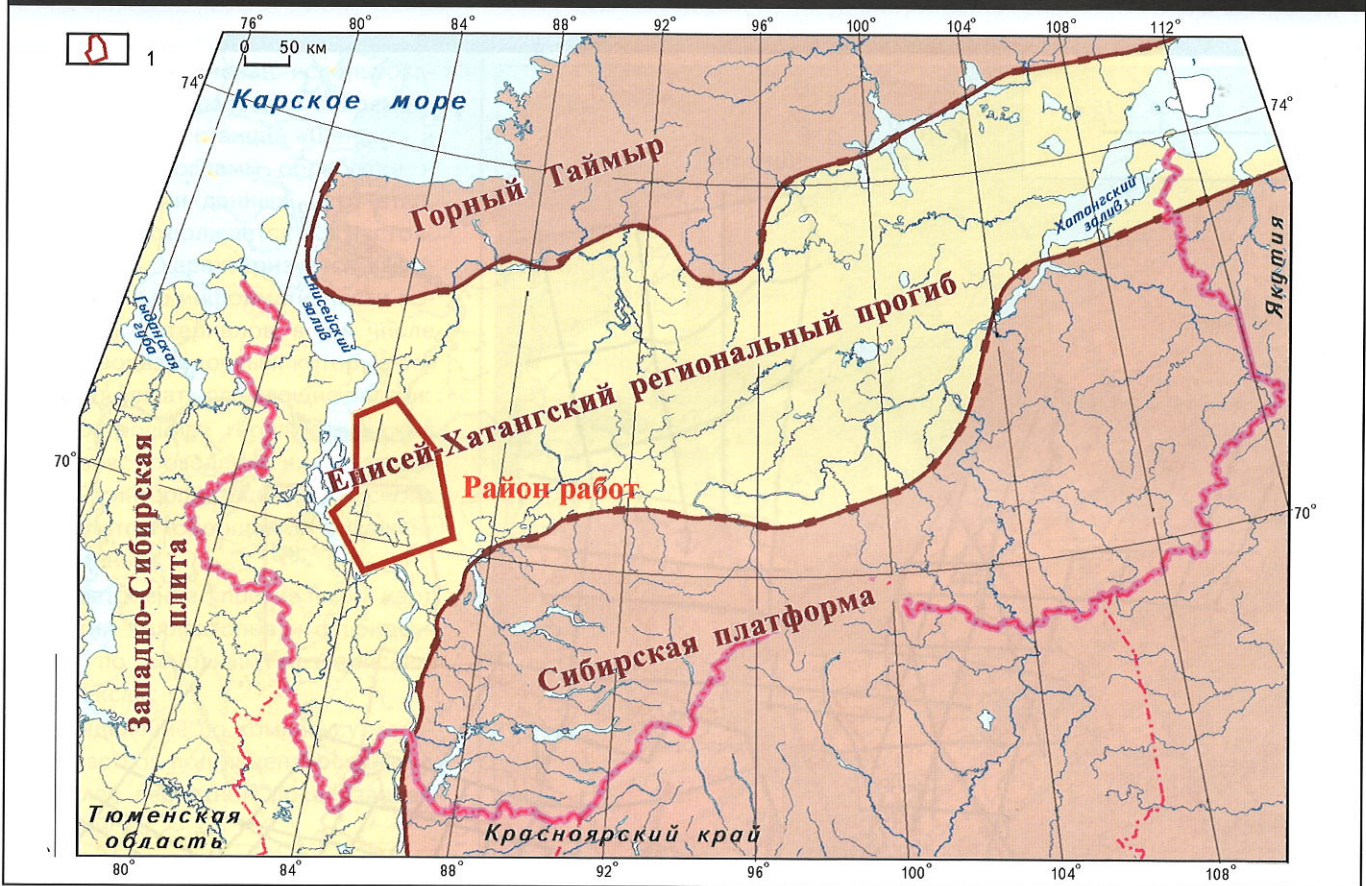
При сходстве условий развития западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и Западно-Сибирской плиты отличительной чертой первого является более высокая тектоническая активность. Это

привело к образованию системы крупных высокоамплитудных валов, образующих диагональную перемычку, разделившую этот прогиб на две системы прогибов — северную и южную. Мощность терригенных юрско-меловых отложений, наиболее перспективных с точки зрения нефтегазоносности, в западной части северной системы прогибов достигает 8 км (рис. 2).

Геофизическое изучение района началось еще в конце 40-х гг. прошлого века. В число прочих методов входила и электроразведка. В истории применения электроразведки на западе Енисей-Хатангского регионального прогиба можно выделить три этапа (рис. 3). К первому (1960-1966) отнесены региональные геофизические исследования методом магнитотеллурического зондирования (МТЗ). По результатам этих работ была сделана оценка мощности терригенного комплекса в центральной части прогиба и определены предположительный состав и возраст пород, подстилающих терригенные отложения.

Ко второму этапу (1980-1984) отнесены работы методом МТЗ, связанные с поисками и разведкой нефти и газа. Наблюдение электромагнитного поля проводилось с применением передовой для своего времени цифровой аппаратуры ЦЭС-2 на Средне-Яровской и Дерябинской площадях, а также по профилю р.Яковлевка — оз.Чибечете. Целью этих исследований первоначально являлось изучение глубинного геологического строения. Однако после обработки данных МТЗ на Средне-Яровской площади было решено расширить круг ре-

Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

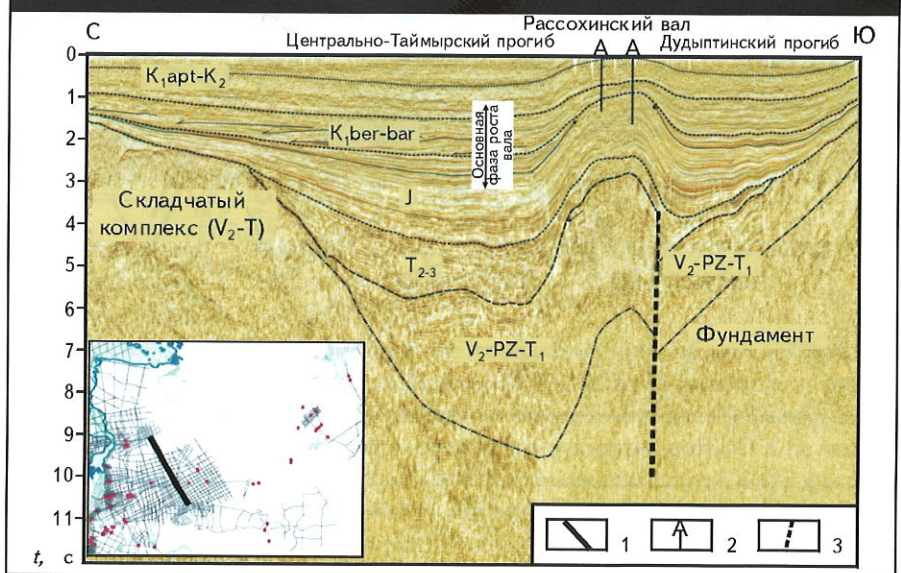


1 – площадь исследований

шаемых задач, а именно в направлении применения этого метода для «прямых» геофизических поисков залежей УВ.

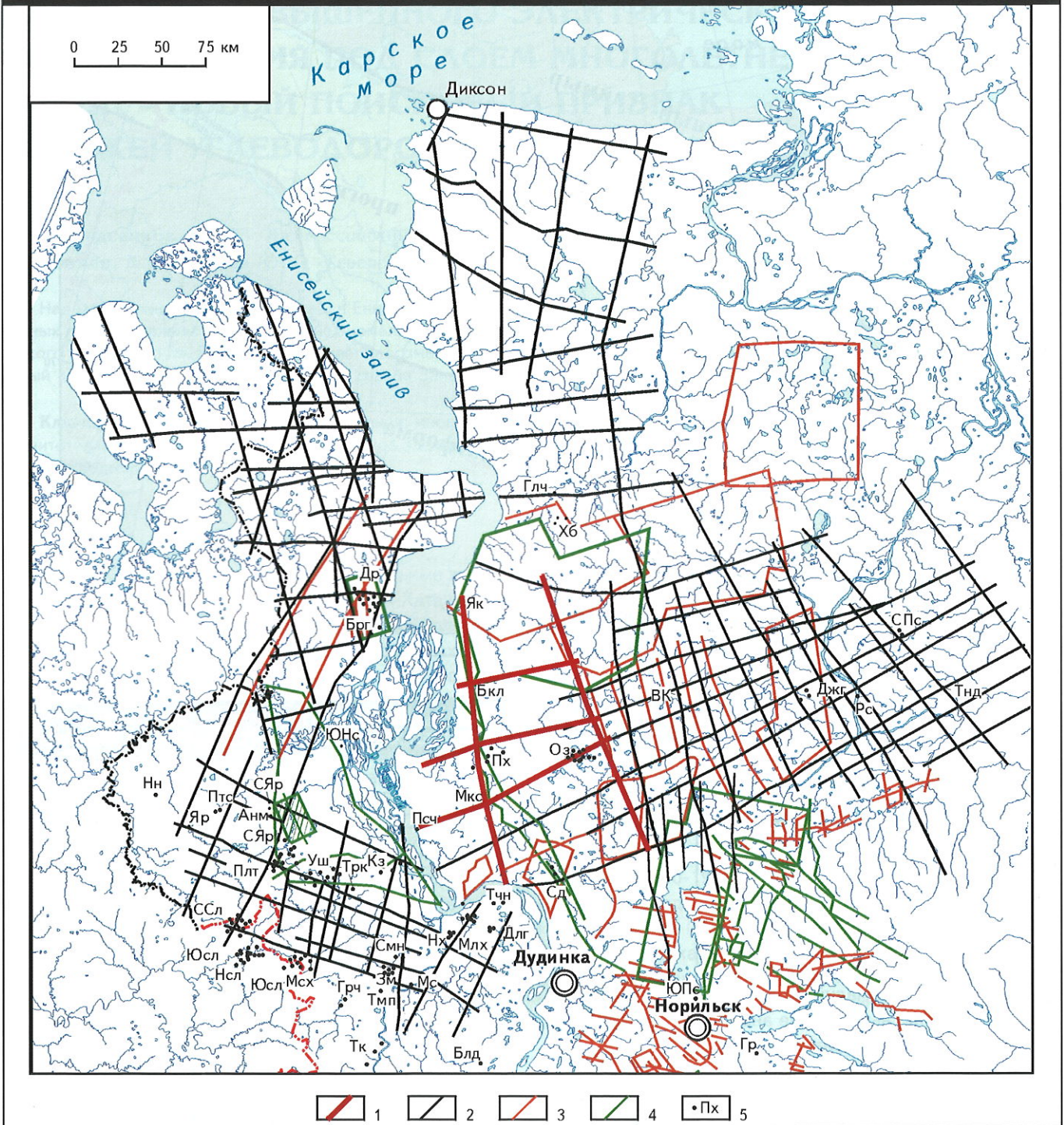
Результаты работ на Средне-Ярковской и Дерябинской площадях показали, что применение метода МТЗ для решения задачи «прямых» геофизических поисков залежей УВ позволяет выделить его в качестве одного из основных методов при подготовке «аномалий типа залежь (АТЗ)». Так, выделенные аномальные зоны по МТЗ практически совпали в плане с аномальными зонами коэффициента затухания кинетической энергии β по результатам сейсморазведочных исследований, одна из которых располагалась непосредственно на площади Дерябинского месторождения. Было сделано предположение о связи аномальных зон электрического со-

Рис. 2. ПРИНЦИПАЛЬНЫЙ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО ПРОГИБА



Временной сейсмический разрез по линии профиля 6210113 – полевые работы ОАО «Таймыргеофизика», обработка ООО НПЦ «Геостра»; 1 – опорные сейсмические горизонты; 2 – скважины глубокого бурения, вскрывшие юрские отложения; 3 – дизъюнктивные нарушения

Рис. 3. ИЗУЧЕННОСТЬ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКОЙ И ГЛУБОКИМ БУРЕНИЕМ ПРИЕНИСЕЙСКОЙ ПОЛОСЫ ТАЙМЫРА



1 – электроразведочные профили МТЗ Новотаймырской площади; электроразведочные профили разных этапов: 2 – I (1960-1966), 3 – II (1980-1984), 4 – III (2005 г. – по наст. время); 5 – скважины и индексы площадей бурения

противления и коэффициента затухания сейсмической энергии с увеличением пористости коллектора и наличием в них залежей УВ.

Третий, новейший этап в проведении электроразведочных работ в пределах Енисей-Хатангского регионального прогиба и прилегающих территорий начался в

2005 г. Он относится к так называемому «новому этапу» регионально-геофизического изучения Таймыра и ознаменован использованием в электроразведке современных канадских станций «Феникс» и новейших программ обработки и интерпретации данных. Этот этап, который продолжается и в настоящее время, характеризуется высокой степенью информативности получаемых материалов, в том числе и электроразведочных, которые позволяют решать следующие задачи:

построение геоэлектрических разрезов, проведение их литологической интерпретации на основе результатов обобщения скважинных данных;

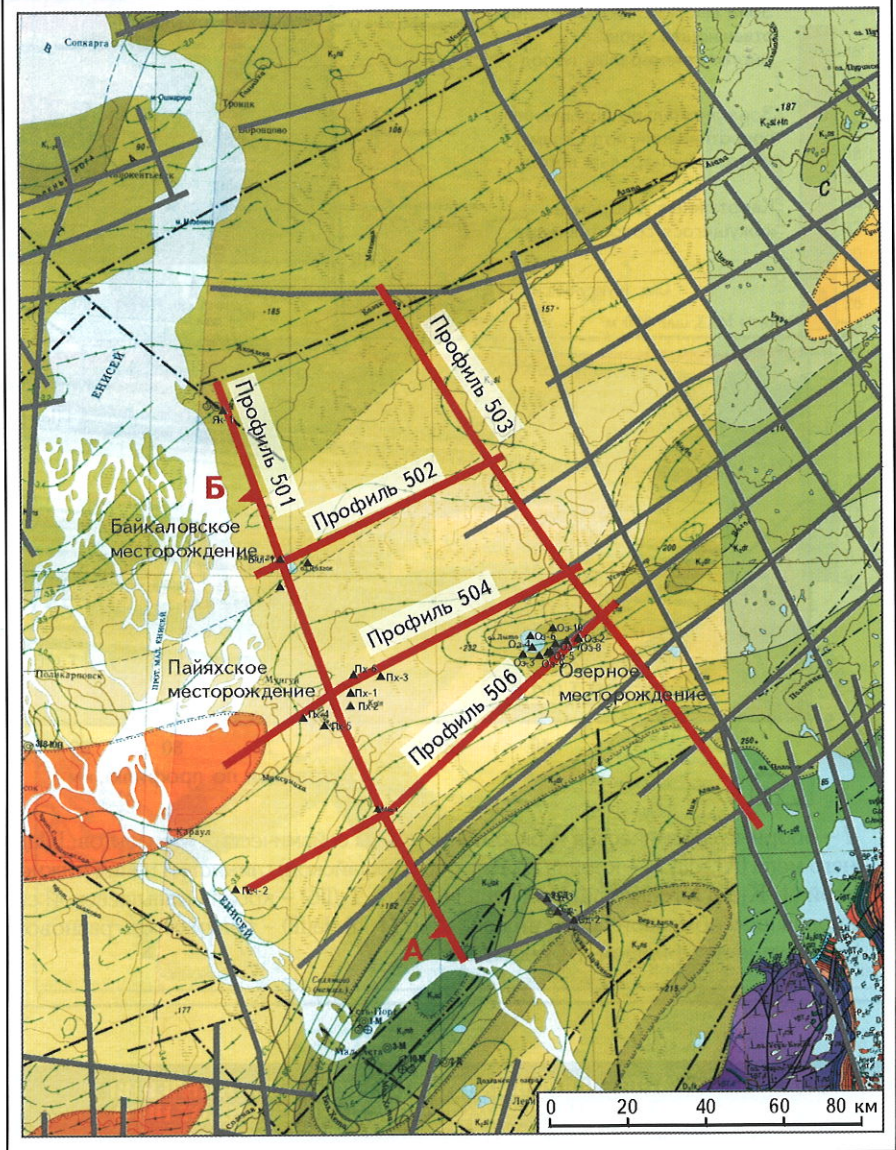
построение прогнозных карт развития коллекторов и флюидопоров по основным мезозойским комплексам;

выделение по комплексу методов участков под лицензирование с наиболее вероятной локализацией залежей УВ.

Комплексные сейсморазведочные и электроразведочные работы «нового этапа» геофизического изучения Таймыра впервые позволили провести районирование перспектив нефтегазоносности огромной территории западной части Енисей-Хатангского прогиба с использованием практически непрерывной и равномерной сети фактических данных.

Геоэлектрическое строение Енисей-Хатангского прогиба можно охарактеризовать следующим образом. Верхние несколько сот метров, находящиеся в зоне многолетнемерзлых пород, выделяются контрастным изолятором с сопротивлением 150-500 Ом·м. Высокими значениями сопротивления (60-300 Ом·м) выделяются также и палеозойские породы на бортах прогиба. Сопротивление терригенных юрско-меловых отложений, слагающих первые несколько километров разреза, относительно невысокое и меняется от 4-6 до 60-100 Ом·м в аномальных областях. Как показывают результаты бурения, повышение сопротивления в продуктивных интервалах юрско-меловой части разреза связано в основном с увеличением доли песчаников.

Рис. 4. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫЕ ПРОФИЛИ НОВОТАЙМЫРСКОЙ ПЛОЩАДИ НА ФРАГМЕНТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ (масштаб 1:1 000 000), (ВНИИОкеангеология, 2000)



АНОМАЛИИ ПОВЫШЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ РАЗРЕЗА

Комплексные геофизические работы на Новотаймырской площади (2013-2015) проводятся в рамках «нового этапа» регионального изучения Таймыра. В пределах этой площади электроразведкой МТЗ на правом берегу р.Енисей отработано пять профилей (рис. 4). Они закрывают «белое пятно» на карте геоэлектрической изученности запада Таймыра (см. рис. 3). Особенностями этой площади является сгущение шага МТЗ вдоль профилей до 500 м (ранее средний шаг был 1,5-3,0 км) и пересечение профилями трех известных месторождений: Озерного газового, Пайяхского нефтя-

Рис. 5. ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПО ПРОФИЛЮ 501 НОВОТАЙМЫРСКОЙ ПЛОЩАДИ

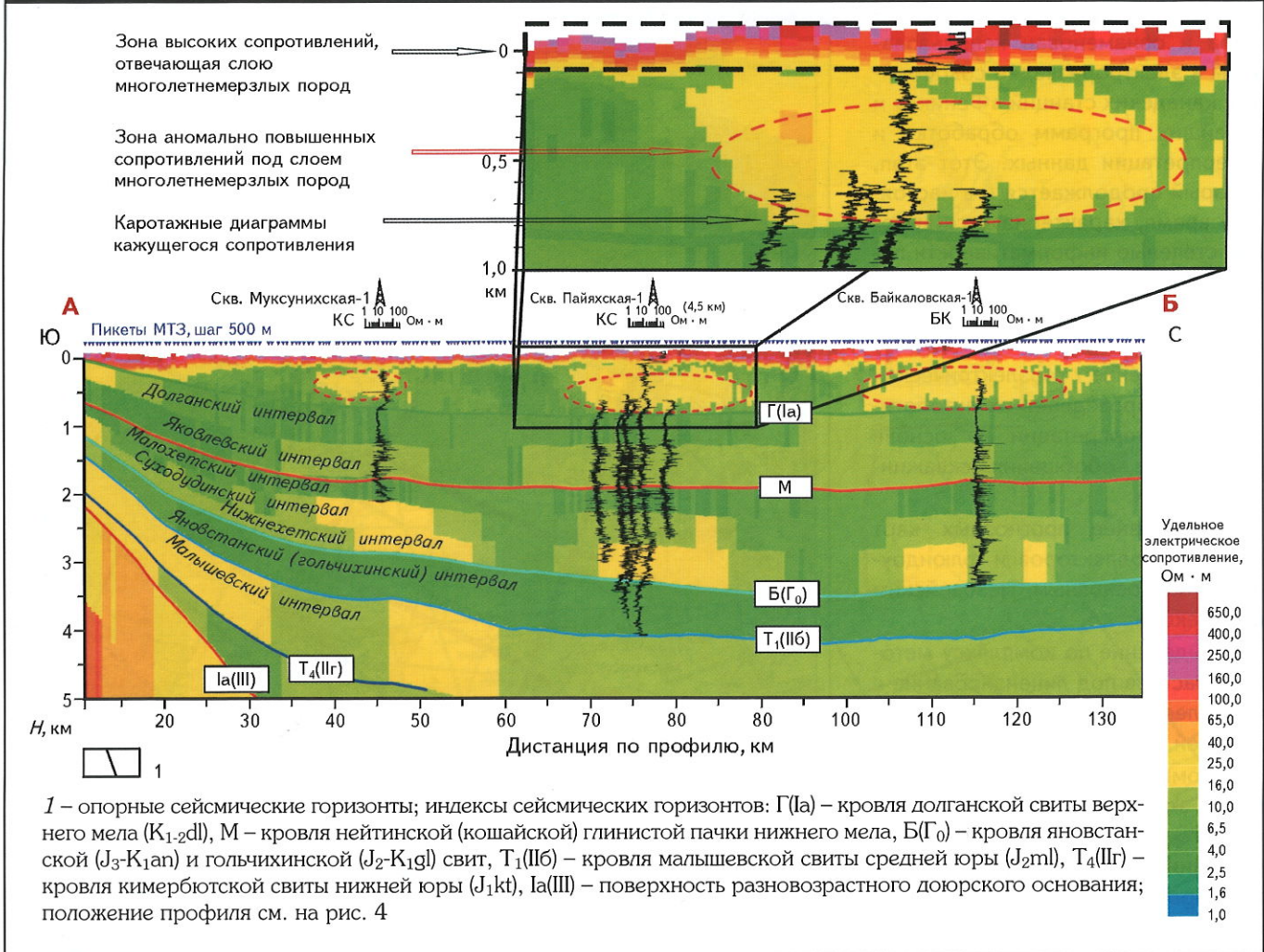
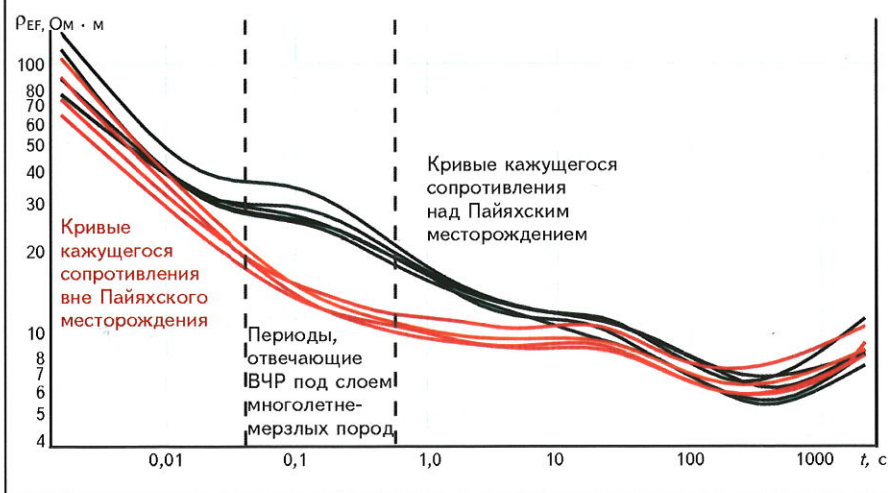


Рис. 6. РАЗЛИЧИЕ В КРИВЫХ КАЖУЩЕГОСЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ НАД ПАЙЯХСКИМ МЕСТОРОЖДЕНИЕМ И В СТОРОНЕ ОТ НЕГО



ного, Байкаловского нефтегазоконденсатного (см. рис. 4). Частый шаг МТЗ по профилям позволяет получить более детальные геоэлектрические разрезы, а имеющиеся на площади эталоны – откалибровать методику интерпретации.

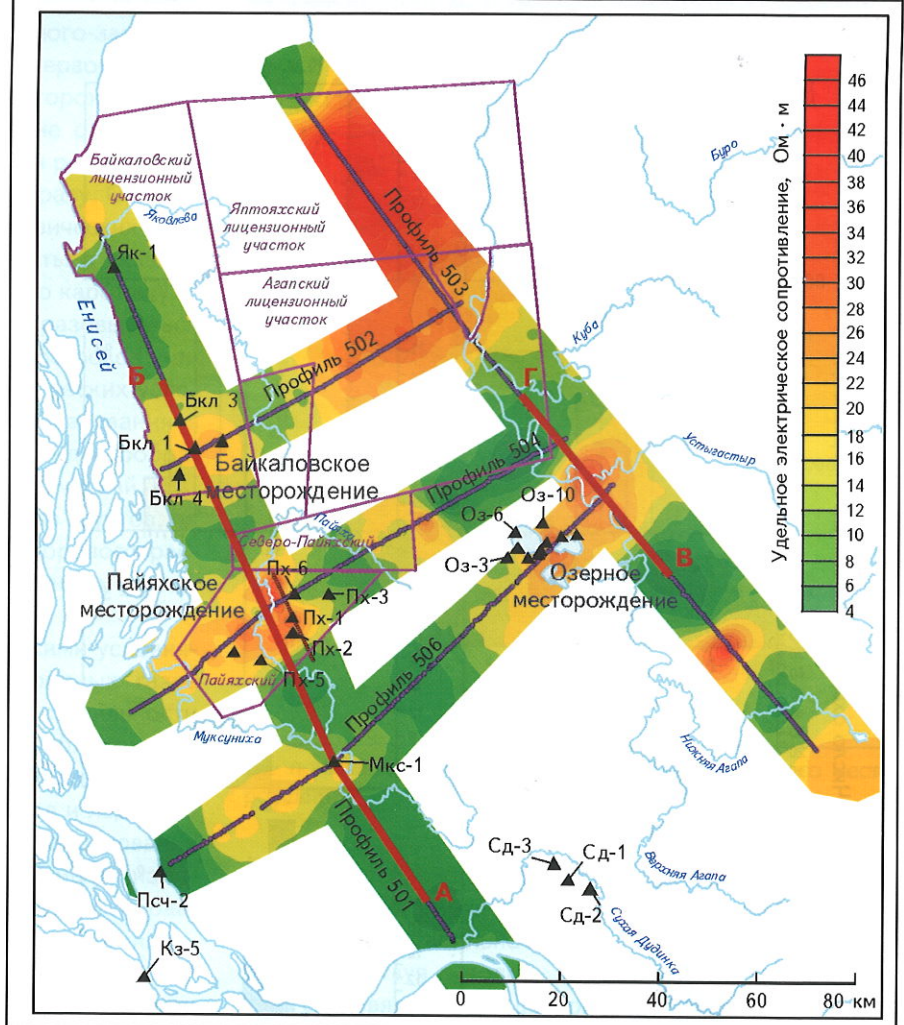
Геоэлектрический разрез по профилю 501 получен по результатам интерпретации данных МТЗ (рис. 5). В верхней части разреза, на глубине 200-700 м, под слоем мерзлых пород, выделено три аномалии повышенного сопротивления шириной от 8 до 20 км. Центральная и северная аномалии находятся над Пайяхским и Байкаловским месторождениями, а южная – в районе Муксу-

нихской структуры и одноименной скважины, испытания в которой не проводились. На фоне вмещающих пород с сопротивлением 10-15 Ом·м эти аномалии достигают значений 35-40 Ом·м. Стоит отметить, что эти аномалии повышенного сопротивления также выделяются и на каротажных кривых.

Повышение сопротивления верхней части разреза в районе месторождений хорошо заметно и на исходных кривых МТЗ. Аномальная зона под слоем многолетнемерзлых пород соответствует периодам 0,04-0,50 с на кривых кажущихся сопротивлений (рис. 6). Значения сопротивлений на этих периодах отличаются в среднем в 2 раза: 12-13 Ом·м — вне Пайяхского месторождения и 25-30 Ом·м — над ним.

На рис. 7 представлена карта удельного электрического сопротивления на глубине 500 м. Границы зон повышенного сопротивления в верхней части разреза близки к известным контурам месторождений. Помимо зон повышенных значений сопротивления над месторождениями, на площади выделяется еще несколько аналогичных участков. Один из них — северный — находится в пределах Агапского лицензионного участка.

Рис. 7. КАРТА УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НОВОТАЙМЫРСКОЙ ПЛОЩАДИ НА ГЛУБИНЕ 500 м



ПРИРОДА ВЫЯВЛЕННЫХ АНОМАЛИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Полученные в результате интерпретации данных МТЗ аномалии повышенного сопротивления в верхней части разреза позволили сделать несколько предположений об их возможной природе:

- 1 — контраст сопротивлений обусловлен литологическим фактором;
- 2 — повышение сопротивления вызвано скоплениями газогидратов;
- 3 — зоны повышенного сопротивления связаны со скоплениями газа в свободном состоянии, для которого зона многолетнемерзлых пород служит покрывкой.

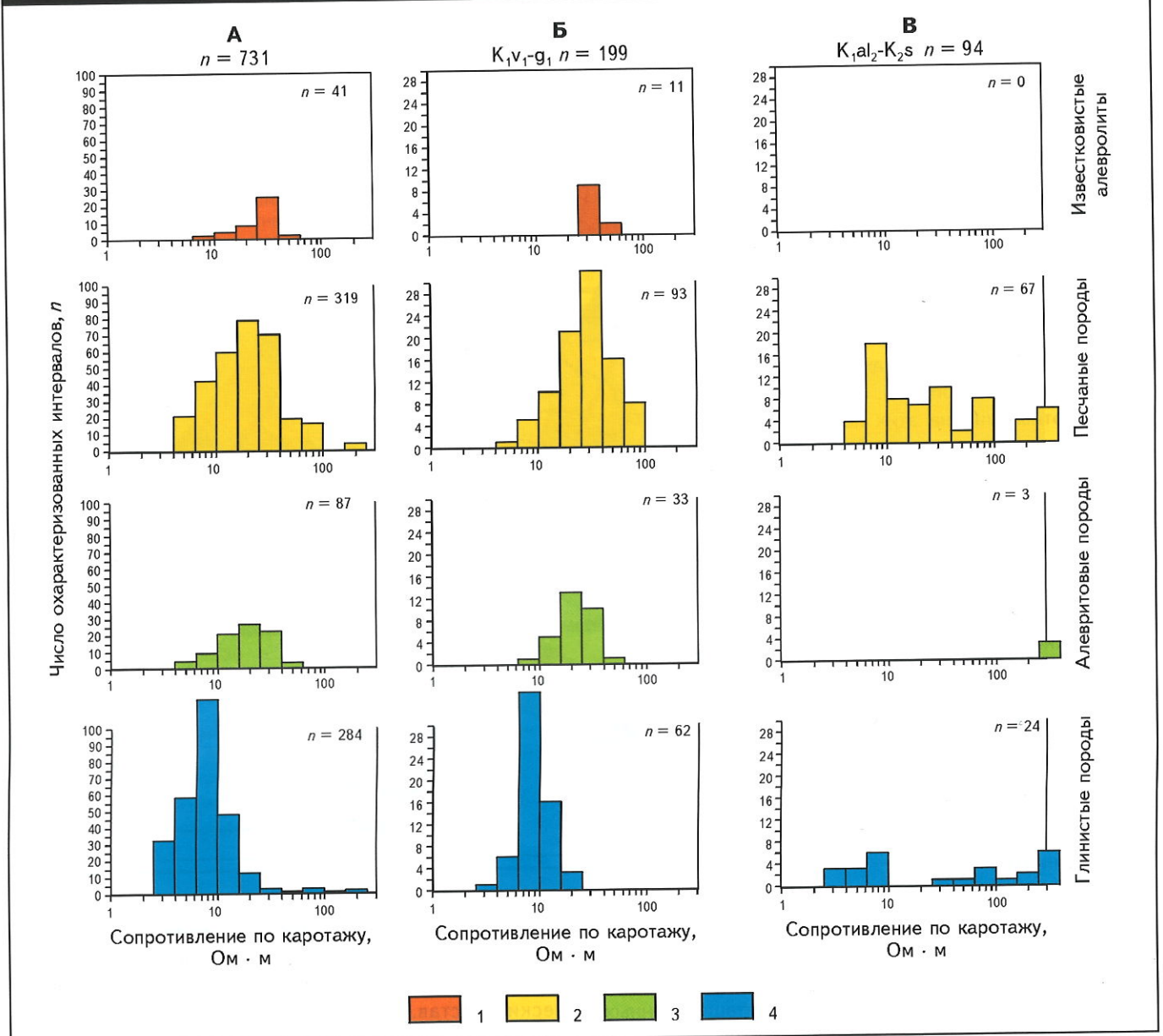
Литологический фактор

Из анализа каротажных данных более чем 60 скважин, расположенных в западной части Енисей-Хатанг-

ского регионального прогиба, следует, что основным фактором, определяющим изменчивость сопротивления терригенных пород, является их литологический состав. На сводных гистограммах распределения сопротивления различных литотипов пород для всего юрско-мелового интервала разреза видно, что наибольшими сопротивлениями в этом интервале разреза характеризуются песчаные разности, с увеличением глинистой составляющей сопротивление падает (рис. 8, А).

Такие гистограммы были построены также отдельно для каждой свиты юрско-мелового интервала разреза. Для большинства из них, при достаточной выборке, описанная закономерность не только соблюдается, но и разделение на литотипы по сопротивлению становится более четким. В качестве примера на рис. 8, Б приведены гистограммы для суходундинской свиты.

Рис. 8. ГИСТОГРАММЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ЛИТОТИПОВ ПОРОД ДЛЯ ВСЕГО ЮРСКО-МЕЛОВОГО ИНТЕРВАЛА РАЗРЕЗА (А), СУХОДУДИНСКОЙ (Б) И ДОЛГАНСКОЙ (В) СВИТ



Породы: 1 – известковистые, 2 – песчаные, 3 – алевролитовые, 4 – глинистые

Но для верхней части разреза четкой связи сопротивления и литологии не наблюдается. На рис. 8, В представлены гистограммы для долганской свиты, которая в данном районе находится либо в зоне многолетнемерзлых пород, либо залегает непосредственно под ней. Видно, что и глинистые, и песчаные породы могут быть как высокоомными, если попадают в зону многолетнемерзлых пород (до 300 Ом·м), так и проводящими, если находятся непосредственно под зоной многолетнемерзлых пород, где минерализация воды зачастую повышается.

Аналогичное отсутствие связи литотипа и сопротивления отмечается в верхней части разреза (до глубины 1 км) и на Пайяхском месторождении: корреляции между литологией пород, определенной по шламу, и повышением сопротивления по каротажу не наблюдается.

Таким образом, связь аномалий повышенного сопротивления в верхней части разреза с изменением литологии маловероятна. Кроме того, если все же считать, что повышение сопротивления связано с литологическим фактором, то непонятно – почему аномалии расположены именно над месторождениями?

Скопления газогидратов

О скоплениях газовых гидратов под многолетними породами известно давно [1]. В 250 км юго-западнее рассматриваемого района расположено первое в мире поставленное на баланс газогидратное месторождение — Мессояхское [2]. Поэтому предположение о том, что повышение сопротивления в верхней части разреза связано именно с газогидратами появилось сразу. Основанием послужило то, что одним из геофизических признаков, по которым выделяют газогидраты в скважинах, является повышение сопротивления по каротажу.

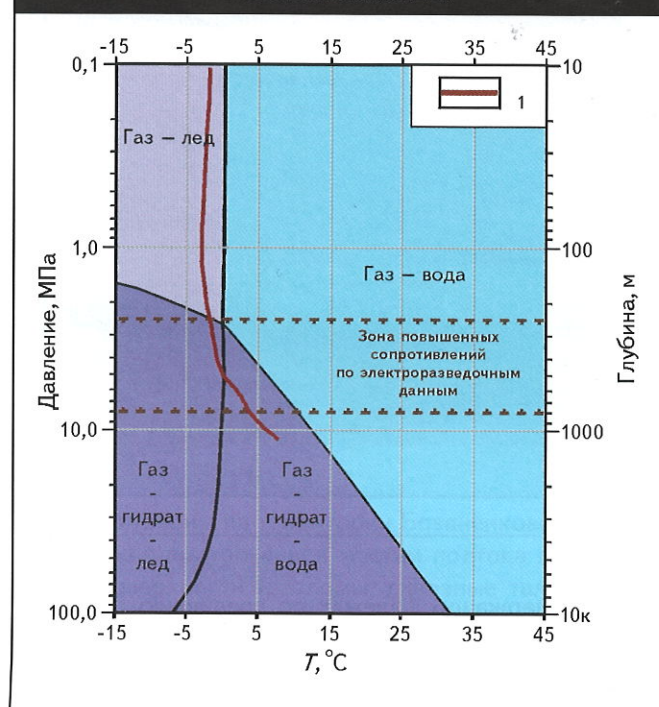
Природные газовые гидраты могут образовываться в осадочных отложениях материков и островов при определенных термобарических и геохимических условиях. На равновесные условия гидратообразования в пористых средах, помимо состава газа — гидратообразователя, влияет ряд факторов: минералогический, гранулометрический и микроагрегатный состав грунтов, их влажность и плотность, минерализация порового раствора, наличие глинистых частиц и органических примесей [3].

Интервал разреза с термодинамическими условиями гидратообразования различных природных газов (чаще всего метана) называют «зоной стабильности гидратов». В континентальных условиях области распространения этой зоны приурочены в основном к областям развития многолетнемерзлых пород и ледников [3]. Положение в разрезе зоны гидратообразования может быть вычислено через решение уравнения изменения термического градиента в разрезе пород и уравнения равновесного стабильного существования гидрата в данной пористой среде [4].

Для определения положения зоны стабильности гидратов в разрезе принято использовать диаграмму равновесного состояния метановых гидратов (рис. 9) [1, 5]. Соединения метана с водой находятся в твердой фазе при низких температурах и высоких давлениях. На эту диаграмму были наложены результаты измерения температуры в одной из скважин Пайяхского месторождения. На этом месторождении давление в верхней части разреза близко к гидростатическому. Учитывая это, кривая зависимости температуры от глубины была пересчитана в зависимость от давления и наложена на диаграмму. Также на диаграмме показан диапазон глубин, где наблюдается повышение сопротивления по электроразведочным данным. Из диаграммы следует, что аномальные зоны повышенного сопротивления полностью находятся в зоне стабильности гидратов. Поэтому весьма вероятно, что именно наличие газогидратов на глубине 300–800 м является причиной повышения сопротивления на геоэлектрических разрезах.

На рис. 10 представлена модель, иллюстрирующая возможную схему образования газогидратов над Пай-

Рис. 9. СУЩЕСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ CH_4 – ВОДА В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТОВ [3] С НАЛОЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КРИВОЙ по скв. ПАЙЯХСКАЯ

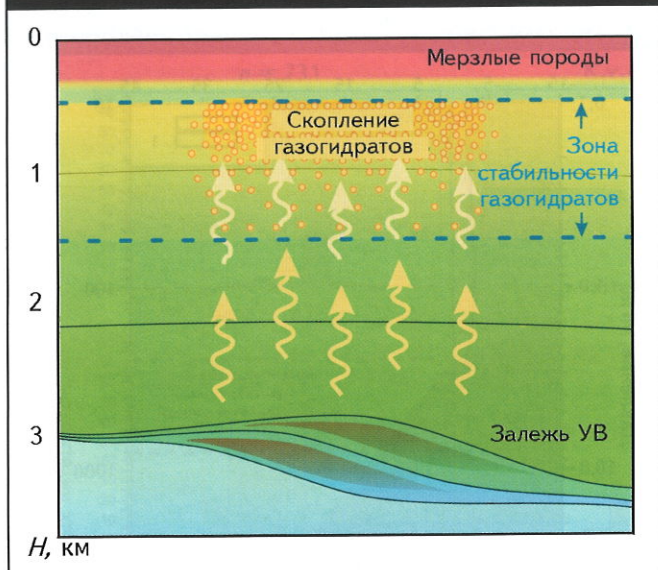


1 – показания термозонда по скважине Пайяхского месторождения

яхским месторождением: легкие фракции УВ, в основном метан, мигрируя от залежи вверх по разрезу, попадают в зону стабильности газогидратов. Здесь метан, взаимодействуя с водой, образует газогидраты, которые становятся флюидоупором и могут служить крышкой для мигрирующего снизу газа [6]. Наиболее крупные скопления газогидратов образуются при этом в верхней части разреза, где, по всей видимости, лучше коллекторские свойства и ниже температуры.

Но и в рамках этой гипотезы есть несколько вопросов. Например, по мнению некоторых исследователей, эффективность геофизических методов для выявления газогидратов низкая. Так, в работе [3] отмечается: «Применимость геофизических методов исследования гидратосодержащих отложений в областях распространения многолетнемерзлых пород ограничена рядом особенностей газовых гидратов как физико-химической системы и их определенной схожестью со льдом, содержащимся в поровом пространстве мерзлых пород, в частности, они имеют близкие акустические и электрические свойства. Поэтому для исследования гидратосодержащих пород в мерзлом разрезе малоэффективны геофизические методы, основанные на измерении изменения скорости прохождения продольных и поперечных волн и удельного электросопротивления в

Рис. 10. МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ СКОПЛЕНИЯ ГАЗОГИДРАТОВ НАД ЗАЛЕЖЬЮ УВ



гидратосодержащих залежах по сравнению с водо- и газонасыщенными отложениями».

Следует отметить, что изменение электрических свойств по латерали с достаточной детальностью раньше не изучалось в зонах потенциального скопления газогидратов. В статье В.С.Якушева вывод сделан глав-

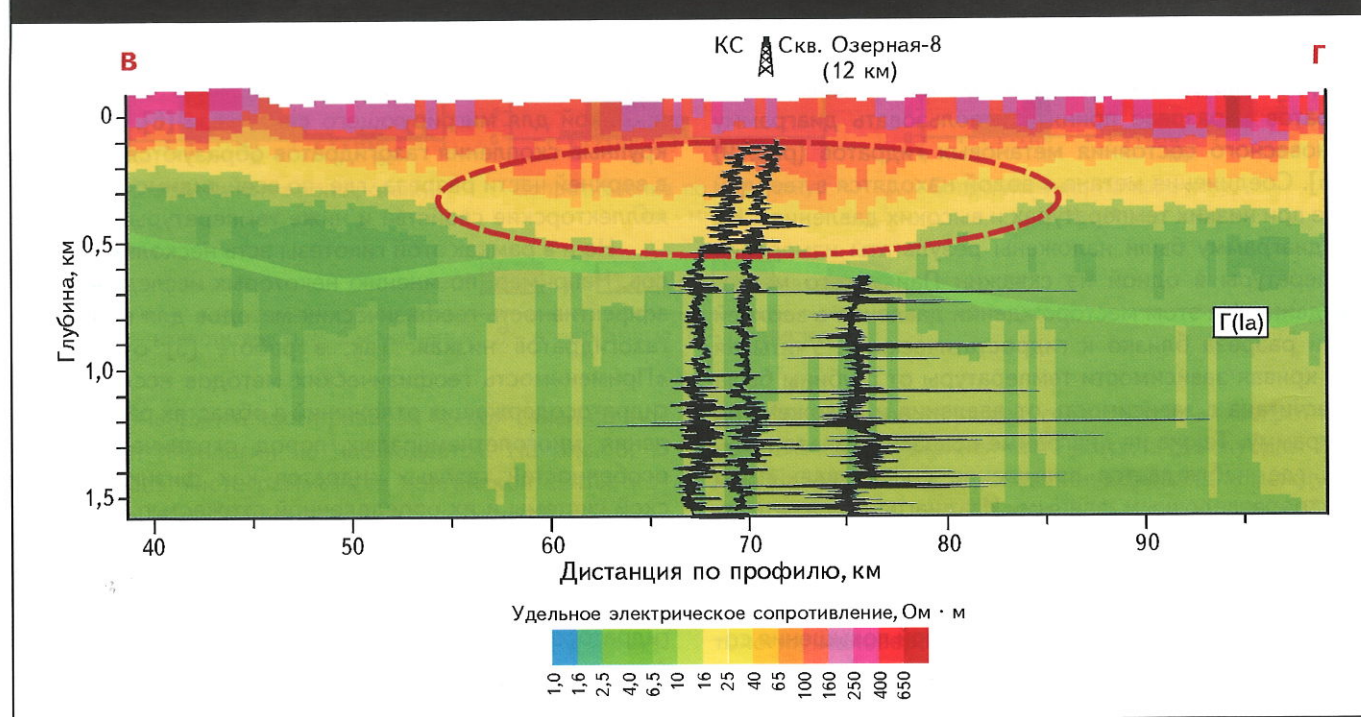
ным образом по геофизическим исследованиям в скважинах. На результатах наземной электроразведки аномалия заметна лишь при широком выходе в «фоновый» разрез. Если мощность мерзлых пород, которые на геоэлектрических разрезах выделяются высокоомным слоем в самой верхней части разреза, будет больше (например, 400-600 м), то аномалия, связанная предположительно с газогидратами, « сольется » с зоной многолетнемерзлых пород. Аномальная зона в этом случае будет проявляться как зона увеличения мощности высокоомного первого слоя. Именно такая аномалия наблюдается над Озерным месторождением (рис. 11).

Скопления свободного газа

Третьей возможной причиной повышения сопротивления в верхней части разреза может быть скопление свободного газа. Действительно, газовыделения из многолетнемерзлых толщ – широко распространенное явление, наблюдаемое на севере Западной Сибири (п-ов Ямал, Гыданский п-ов, Тазовский п-ов) [5].

В июле 2014 г. большое внимание вызвала информация об обнаружении в Ямало-Ненецком АО, в юго-западной части п-ва Ямал, в 30 км южнее Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения гигантского глубокого кратера (типа воронки взрыва), заполненного водой лишь в нижней части (рис. 12).

Рис. 11. ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ПО ЛИНИИ В – Г В РАЙОНЕ ОЗЕРНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



Положение профиля см. на рис. 7

Рис. 12. ВОРОНКА ОТ ВЫБРОСА ГАЗА НА ЯМАЛЕ
(www.burneft.ru)



Рис. 13. КОСМОСНИМОК РАЙОНА ОЗЕРНОГО ГАЗОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ



Через несколько дней появилась информация об обнаружении еще двух воронок несколько меньшего размера в в Ямало-Ненецком АО. Ранее, в мае 2014 г., была найдена воронка диаметром около 4 м и глубиной свыше 60 м, которая находилась в устье р.Енисей, получившая название «Воронка Таймыра».

Многие исследователи сходятся во мнении, что появление воронок в Арктике носит систематический характер. Некоторые связывают данные явления с термокарстовыми процессами, некоторые — с процессами высвобождения скопившегося под зоной многолетнемерзлых пород газа, который мог мигрировать из более глубоких уровней разреза. При этом давление накопившегося газа может быть достаточно для разрушения покрывающей толщи многолетнемерзлых пород.

«Газовыми» воронками могут быть некоторые озера в районе Озерного месторождения (рис. 13). В этом случае флюидоупором для скоплений газа могут служить многолетнемерзлые породы. Кроме того, А.И.Сивцевым и И.И.Рожкиным на основе систематизации газопроявлений, полученных из верхней части разреза в ходе нефтегазопоисковых работ в Вилюйской и Предверхоанской нефтегазоносных областях, а также в ряде гидрогеологических скважин Центральной Якутии, сделано предположение о существовании промежуточного флюидоупора мерзлотно-гидратной природы [6]. Этот флюидоупор может образовывать потенциальную ловушку для накопления газов.

Источник газа может быть как глубинный, так и «местного» происхождения. В.С.Якушев в своих работах приводит результаты полевых исследований внутримерзлотных скоплений природного газа и газогидратов на Ямбургском и Бованенковском месторождениях на севере Западной Сибири. Из результатов этих исследований сделан вывод, что газовые скопления в интерва-

ле криолитозоны на территории Бованенковского месторождения приурочены к местам подтока глубинного газа к поверхности (разломы, сквозные талики) и газ имеет глубинное, катагенетическое происхождение, а на Ямбургском месторождении, скорее всего, газ имеет местный биохимический генезис и не связан с возможным подтоком УВ-газа из подмерзлотных продуктивных горизонтов [5].

В пользу «газовой» гипотезы также свидетельствует тот факт, что на Казанцевском месторождении, которое находится в 100 км к юго-западу от района исследований, на глубине около 600 м, в насоновской свите вскрыта газовая залежь.

Таким образом, предполагаемая модель происхождения аномалии сопротивления над Озерным месторождением следующая (рис. 14): газ, мигрируя вверх по разрезу, скапливается в слое-коллекторе под много-

Рис. 14. МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ СКОПЛЕНИЯ ГАЗА И ГАЗОГИДРАТОВ ПОД СЛОЕМ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД

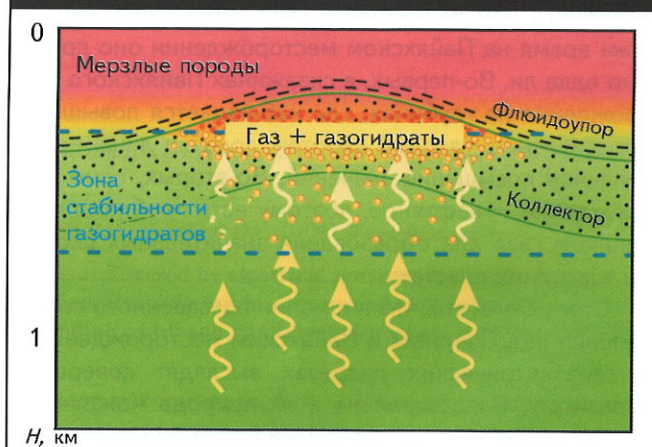
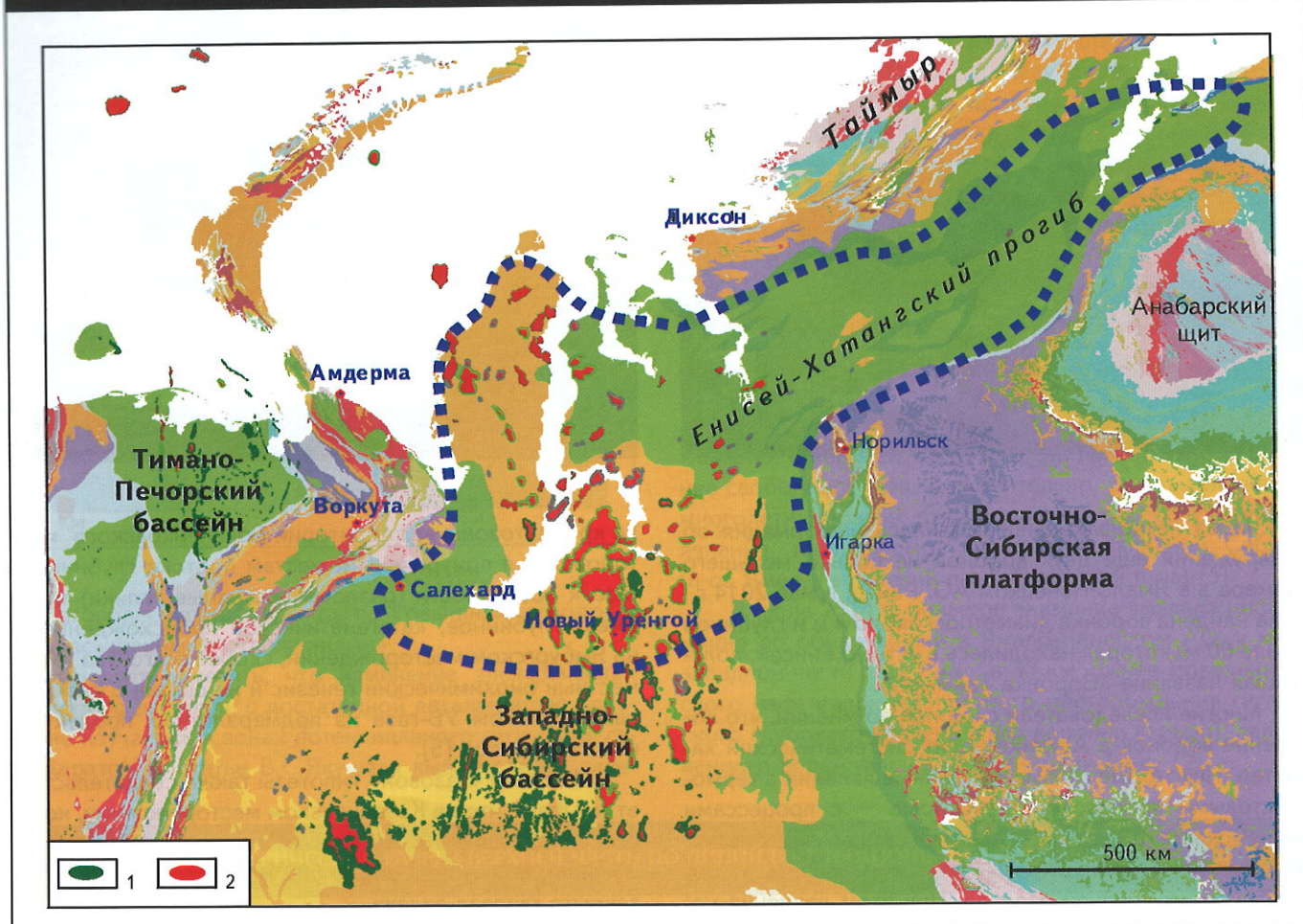


Рис. 15. РЕГИОН, БЛАГОПРИЯТНЫЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ПОИСКОВОГО ПРИЗНАКА



Месторождения: 1 – нефти, 2 – газа

летнемерзлыми породами. При этом нижняя часть газа, попадая в зону стабильности гидратов, может образовывать газогидратные скопления.

Для Озерного месторождения объяснение повышения сопротивления в верхней части через скопления свободного или реликтового газа вполне подходит. В то же время на Пайяхском месторождении оно применимо едва ли. Во-первых, в скважинах Пайяхского месторождения на глубинах, где наблюдается повышение сопротивления, газовый каротаж показал лишь незначительное повышение значений. Во-вторых, само месторождение – нефтяное, поэтому есть проблема с источником газа для образования значительных скоплений в верхних пластах.

Стоит отметить, что аномалии повышенного сопротивления над Озерным и Пайяхским месторождениями на геоэлектрических разрезах выглядят совершенно по-разному. Следовательно и их природа может быть разной: внутри- и подмерзлотные газовые скопления на

Озерном месторождении и скопления газогидратов на Пайяхском.

НОВЫЙ ПОИСКОВЫЙ ПРИЗНАК

Несмотря на то, что природа выявленных аномалий повышенного электрического сопротивления в верхней части разреза вызывает вопросы, сам факт наличия этих аномалий сомнений не вызывает. И уже сейчас выявленные закономерности могут быть использованы при решении следующих задач.

Прогноз нефтегазоносности. Бесспорная корреляция выявленных аномалий повышенного сопротивления с промышленными залежами УВ в нижележащих горизонтах позволяет использовать их для поиска новых месторождений.

Определение контуров залежей. В зонах с субгоризонтальным залеганием пластов и отсутствием в разрезе экранов или сложной тектоники миграция про-

исходит в основном в вертикальном направлении. Поэтому, исходя из гипотезы, что аномалии связаны с газогидратами или свободным газом, можно сделать предположение о связи размеров аномалий и контуров скоплений УВ на глубине.

Выявление участков инженерно-геологических опасностей, прогноз зон осложнений при бурении.

Полученные аномалии могут быть связаны с участками разреза, которые могут быть опасными при бурении. Очевидно, что скопления газа под слоем многолетнемерзлых пород при его высвобождении приводят к разрушению инженерных сооружений, находящихся на поверхности. Поэтому выявление по электроразведочным данным опасных зон может обезопасить буровые работы и сохранить инженерные сооружения, в том числе и трубопроводы.

Для выявления зон повышенного сопротивления необходимы следующие условия:

а — верхняя часть разреза, охватывающая зону стабильности газогидратов, должна быть сложена терригенными морскими отложениями. Терригенные отложения имеют преимущественно низкие сопротивления, на фоне которых возможно выделить зоны повышения сопротивления;

б — территория исследований должна находиться в районе развития многолетнемерзлых пород или в зоне отрицательных термических градиентов в верхней части разреза. Это необходимое условие для образования газогидратов, которые являются наиболее вероятной причиной повышения сопротивления в разрезе.

Исходя из этих условий, наиболее благоприятным регионом применения нового поискового признака является вся северная часть Западной Сибири (Ямал, Гыдан) и Енисей-Хатангский региональный прогиб (рис. 15). В этом районе добывается практически 90 % российского газа и значительные объемы нефти.

Высокоомные аномалии в подмерзлотном слое, над залежами УВ, могут отмечаться на большей части северных и части центральных районов Якутии, где развит мезозойский осадочный чехол, пусть и маломощный. Поскольку перспективы нефтегазоносности в этих

районах связаны с палеозойским уровнем разреза, то необходимы дополнительные условия для миграции УВ в вышележащий газогидродинамически изолированный комплекс.

Следует ожидать аналогичных аномалий и над залежами УВ и на северном шельфе в зонах существования реликтовой мерзлоты.

Выводы

Подводя итог приведенных результатов электроразведочных работ на Новотаймырской площади, расположенной в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба, отметим следующее.

1. Над известными нефтегазовыми месторождениями, которые расположены на площади работ на глубине до 700-800 м, под слоем многолетнемерзлых пород, обнаружены аномалии повышенного сопротивления, достигающие значений 35-40 Ом·м на фоне вмещающих пород сопротивлением 10-15 Ом·м.

2. Наиболее вероятным объяснением повышения сопротивления в верхней части разреза является скопление газогидратов и/или газа.

3. Очевидная корреляция аномалий повышенного сопротивления со скоплениями на глубине промышленных объемов УВ в известных месторождениях позволяет использовать эти аномалии как поисковый признак прогноза и разведки залежей УВ.

Литература

1. **Макогон Ю.Ф.** Газогидраты. История изучения и перспективы освоения / Ю.Ф.Макогон // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. — 2010. — № 2.

2. **Адзынова Ф.А.** Мессояхское газогидратное месторождение / Ф.А.Адзынова, А.Л.Сухоносенко // Газохимия. — Январь-февраль. — 2010.

3. **Якушев В.С.** Газовые гидраты в отложениях материков и океанов / В.С.Якушев, Е.В.Перлова, Н.А.Махонина и др. // Ж. рос. хим. об-ва им. Д.И.Менделеева. — 2003.

HEITENED ELECTRIC RESISTIVITY ANOMALY UNDER PERMAFROST SEDIMENTS LAYER AS A NEW PROSPECTING INDICATOR FOR HYDROCARBON DEPOSIT

Afanasenkov A.P. (FGUP "All-Russian Research Geological Oil Institute"), *Volkov R.P.*, *Yakovlev D.V.* (ООО "Severo-Zapad")

Subpermafrost high resistive anomalies above oil and gas deposits were discovered by electrical prospecting in the western part of the Yenisei-Khatanga Trough. Magnetotelluric (MT) method was applied. Possible origins of anomalies are discussed. It is proposed to use observed phenomenon as new prospecting indicator for finding of oil and gas reservoirs in the northern part of the Western Siberia and in the Yenisei-Khatanga Trough.

Key words: resistivity anomaly; permafrost sediments; new prospecting indicator; hydrocarbon deposits forecast; magnetotelluric sounding; electrical resistivity; Yenisei-Khatangskii regional depression; gas-hydrates; subpermafrost gas accumulation.

4. **Ильин А.В.** Газогидраты севера Тюменской области как новый объект изучения геофизическими методами: дисс. ... канд. геол.-минер. наук / А.В.Ильин. — Екатеринбург, 2012.

5. **Якушев В.С.** Формирование скоплений природного газа и газовых гидратов в криолитозоне: дисс. ... докт. геол.-минер. наук / В.С.Якушев. — М., 2009.

6. **Сивцев А.И.** Нетрадиционный флюидоупор мерзлотно-гидратного генезиса / А.И.Сивцев, И.И.Рожин // Материалы международной научно-практической конференции по инженерному мерзлотоведению. — Тюмень, 2011.

© **А.П.Афанасенков, Р.П.Волков, Д.В.Яковлев, 2015**

Александр Петрович Афанасенков,
первый заместитель генерального директора,
кандидат геолого-минералогических наук,
afanasenkov@vniigni.ru;

Роман Петрович Волков,
геофизик,
nw.romanvolkov@gmail.com;

Денис Васильевич Яковлев,
ведущий геофизик,
nw.yakovlev@gmail.com.

www.slant.ru

НЕФТЕГАЗ — ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА — ОБОРУДОВАНИЕ
ежегодный адресно-информационный справочник,
выпуск 23

Более 2800 компаний нефтегазового комплекса; нефтяная и газовая промышленность, геология и геофизика, бурение и ремонт скважин, нефтегазовое строительство, производство и поставка оборудования, НИИ, консалтинг, органы управления.

НЕФТЕГАЗОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ежемесячный бюллетень, издается с 1997 года

Интервью с лидерами российского нефтегазового рынка, ориентировочные цены на нефтегазовое оборудование, неликвиды, аналитика (статистика и ценовой анализ), наиболее значимые события.

SLANT

тел.: (499) 192-5597
факс: (499) 192-6439
slant@slant.ru
www.ngo.slant.ru



реклама

СПРАВОЧНИКИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

в печатных и электронных версиях