

УДК 550.837 : 550.372(571.64)

И. М. Альперович, В. М. Никифоров

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ОСАДОЧНОЙ ТОЛЩИ О. САХАЛИН

Приводятся сведения об электропроводности осадочной толщи Сахалина. Рассматривается влияние состава и строения осадочных пород на электропроводность. Отмечается наличие анизотропии сопротивлений в низах осадочного комплекса, связанной с раз-

витием трещиноватости пород. В осадочной толще выделены крупные электрические горизонты, соответствующие литологическим комплексам пород. Проведено районирование Сахалина по особенностям геоэлектрического разреза осадочной толщи.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА И СТРОЕНИЯ ПОРОД НА ИХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

В строении осадочной толщи Сахалина участвуют верхнемеловые и кайнозойские песчано-глинистые и вулканогенно-осадочные отложения. Относительно низкие удельные сопротивления этих отложений (10^{-1} — 10^2 Ом·м) обусловлены главным образом ионной проводимостью, которая зависит от степени минерализации подземных вод, их температуры и характера межскелетного пространства.

По данным О. В. Равдоникас [2], на Сахалине отмечается зональное изменение минерализации и состава подземных вод по площади и в вертикальном разрезе. В верхней части разреза минерализация изменяется в широких пределах (от 1—3 до 35 г/л). Особенно резкие изменения приурочены к прибрежным участкам северо-восточной и юго-западной частей острова. В этих условиях гидрогеологический фактор является определяющим для абсолютных значений удельных электрических сопротивлений пород.

В нижней части разреза, включающей породы в возрастном диапазоне от верхнего мела до миоцена, минерализация подземных вод относительно устойчива и составляет 10—20 г/л. В вертикальной плоскости минерализация повсеместно возрастает сверху вниз. Эта общая гидрогеологическая закономерность нарушается в основном из-за влияния разрывных нарушений и проникновения морских вод в песчаные пласты плиоцен-верхнемеловых отложений.

На удельное электрическое сопротивление песчано-глинистых пород существенное влияние оказывает температура недр. Геотермическая ступень не зависит от литологии и возраста по-

род и варьирует в пределах 28—34 м/град, иногда уменьшаясь до 18 м/град, в связи с чем температура на глубинах 2500—3000 м составляет 90—100°C. До этих глубин электрическое сопротивление пород, независимо от минерализации подземных вод, уменьшается приблизительно на 2% на каждую геотермическую ступень. Дальнейшее повышение температуры сказывается на электрическом сопротивлении пород различно, в зависимости от геологического строения низов разреза. В зонах крупных нарушений, где существуют условия для свободного перемещения флюидов, рост температуры приводит к высушиванию пород и потере ионной проводимости. В условиях ненарушенного залегания песчано-глинистых пластов происходит дальнейшее увеличение проводимости.

Таким образом, характер минерализации подземных вод и температурного режима недр предопределяет региональное уменьшение с глубиной электрического сопротивления песчано-глинистых образований, содержащих то или иное количество влаги, наличие которой в породе зависит от типа межскелетного пространства. Исследование образцов пород из обнажений и скважин свидетельствует о существовании трех типов межскелетного пространства: порового, трещиновато-порового и трещинного. Первые два типа прослеживаются до глубин 2,5—4,0 км, причем по мере роста глубин роль трещины возрастает. В этом интервале глубин трещины не образуют четко ориентированных систем, вследствие чего их влияние на электрическое сопротивление мало отличается от влияния пор. Электрическое сопротивление пород практически одинаково во всех направлениях. Максимальный коэффициент анизотропии как по данным лабораторных измерений, так и по результатам ВЭЗ не превосходит 1,15. Комплек-

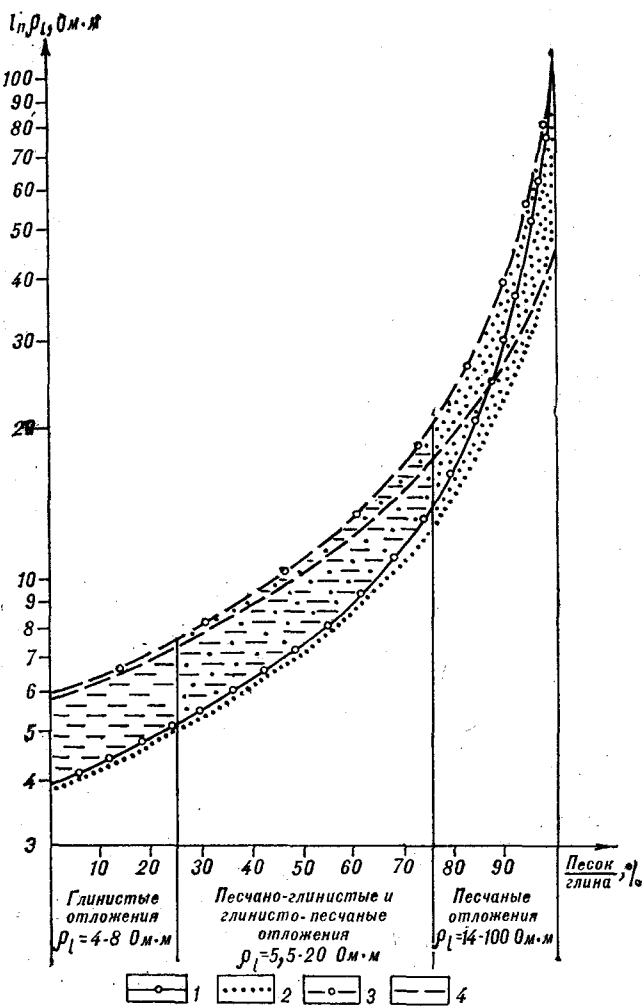


Рис. 1. Графики зависимости удельных сопротивлений песчано-глинистых пород от содержания в них песчаного материала.

1 — сопротивление глины 4 Ом·м, песков 100 Ом·м, 2 — сопротивление глины 4 Ом·м, песков 50 Ом·м, 3 — сопротивление глины 6 Ом·м, песков 100 Ом·м, 4 — сопротивление глины 6 Ом·м, песков 50 Ом·м.

пород с такими свойствами назван нами изотропно-проводящим. В нем влажность, а следовательно, и электрическое сопротивление отдельных горизонтов, определяется содержанием в них глинистого материала, т. е. литологическим фактором.

На рис. 1 показана зависимость удельного электрического сопротивления песчано-глинистых пород от содержания в них песчаного материала. Диапазон возможных изменений удельного электрического сопротивления при одинаковом литологическом составе зависит от температурных условий и степени минерализации. С учетом всех факторов, влияющих на порядок удельного электрического сопротивления, можно выделить три литологические градации пород: 1 — преимущественно глинистые образования с содержанием песчаного материала до 25%, характеризующиеся сопротивлением 4—

8 Ом·м; 2 — песчано-глинистые и глинисто-песчаные образования с содержанием песчаного материала от 25 до 75%, сопротивление которых варьирует в пределах 5,5—20,0 Ом·м; 3 — преимущественно песчаные образования с содержанием песчаного материала свыше 75%, удельное электрическое сопротивление которых изменяется от 14 до 100 Ом·м.

Важно заметить, что такая градация характерна для всего комплекса изотропных пород, независимо от их географического положения и глубины залегания. На локальных участках, где влияние гидрогеологического и температурного факторов ограничено, по-видимому, возможно применять более дробную градацию.

В низах осадочной толщи преобладает трещинный тип межскелетного пространства. По данным Л. П. Иваньшиной, плотность трещин на палеоглубинах 4—6 км достигает 600—800 на 1 м³, в то время как на палеоглубинах 2—2,5 км не превышает 100 на 1 м³. Подавляющее количество трещин развито в уплотненных глинистых горизонтах. Общее число открытых трещин, заполненных минерализованной водой, колеблется от 10 до 75%. Закрытые трещины выполнены чаще всего глинистым материалом и кальцитом.

Отличительной особенностью низов разреза осадочных отложений является наличие определенным образом ориентированной вертикальной системы трещин. Это приводит к появлению горизонтальной анизотропии электрических сопротивлений. По данным лабораторных измерений ПО Сахалингеология, коэффициент анизотропии для образцов из нижней части борской и пиленгской свит Пограничной площади нередко возрастает до 3—5.

Некоторые исследователи выделяют в низах неогеновых отложений и в мацигарской свите палеогена две системы вертикальных трещин: основную — вдоль простирания структур, и микротрещиноватость, перпендикулярную простиранию структур [3]. Отмеченные по данным МТЗ низкие сопротивления пород анизотропного комплекса в широтном направлении указывают, очевидно, на то, что влагонасыщенность связана именно с микротрещиноватостью.

Особенности электрических свойств трещиноватых пород на Сахалине изучены в настоящее время крайне слабо. Однако можно предположить, что обилие трещин в глинистых образованиях скажется в понижении их удельного сопротивления по отношению к песчаным. В конечном счете возможно, что на сопротивление анизотропного комплекса литологический фактор так же, как и в изотропном комплексе, оказывает преобладающее воздействие.

Анализ причин, влияющих на проводящие свойства осадочного чехла, дает возможность сделать следующие выводы.

1. Песчано-глинистый комплекс пород, в котором существуют условия для циркуляции флюидов, резко отличается по электропроводности от подстилающих непроницаемых пород, образующих «электрическое» основание. Его поверхность является нижней границей перспективных в нефтегазоносном отношении отложений.

2. Характер электропроводности осадочных отложений позволяет выделить две толщи пород — верхнюю с преимущественно поровым и нижнюю с трещинным типом межскелетного пространства.

3. Существующая тесная связь между удельным электрическим сопротивлением и их литологией делает возможным выделение крупных литологических горизонтов в разрезе песчано-глинистых отложений с помощью электроразведочных работ.

ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Терригенные отложения, развитые на Сахалине, представляют собой в большинстве случаев переслаивание относительно тонких песчаных и глинистых пластов, находящихся между собой в самых различных сочетаниях, что является причиной существенной разницы между сопротивлением вдоль напластования пород и поперечным сопротивлением. В связи с этим образование крупных электрических слоев продольным и поперечным током происходит по различным законам. Отличие может касаться не только величин сопротивлений, но и положения границ слоев и самого количества слоев.

На рис. 2 показано, что значения суммарной продольной проводимости (S) и суммарного поперечного сопротивления (T) возрастают с глубиной не по линейному закону, как это имело бы место в однородной среде, а скачкообразно, что является следствием дифференциации разреза по электрическому сопротивлению. Отмечается также некоторое несоответствие границ электрических слоев, выделяемых на графиках S и T , и существенное различие величин продольного и поперечного сопротивлений.

Следует отметить, что электрические комплексы, выделяемые по продольному сопротивлению (ρ_l), в большей мере соответствуют литологическим комплексам, выделяемым по процентному содержанию глинистого материала. В связи с этим нами при анализе геоэлектрического разреза рассматривались значения только продольных сопротивлений.

Территория Сахалина отличается значительным разнообразием геоэлектрических условий.

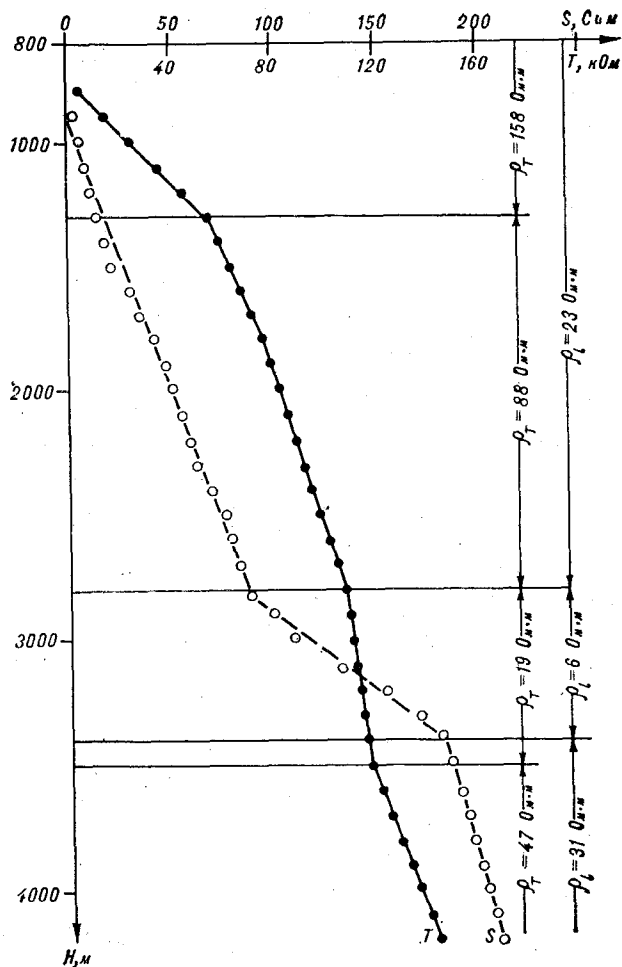


Рис. 2. Комуланская площадь. Скв. 2.

Графики зависимости суммарной продольной проводимости (S) и суммарного поперечного сопротивления (T) от глубины.

Различия касаются как строения, состава и стратиграфической приуроченности высокоомного основания, так и геоэлектрических особенностей отдельных литолого-фациальных комплексов осадочной толщи. Степень изученности геоэлектрического разреза неодинакова. Наиболее полно изучен разрез северо-восточной и юго-западной части Сахалина, где выполнен значительный объем буровых и геофизических работ.

Геоэлектрический разрез верхней части осадочной толщи изучен по результатам каротажа скважин и электроразведки ВЭЗ; сведения о проводимости более глубоких горизонтов получены по данным МТЗ.

На Сахалине отмечаются в основном два типа геоэлектрического разреза — трехслойный типа Н, и пятислойный типа НКН. Однако литологическая характеристика отдельных слоев разреза и их стратиграфическая приуроченность далеко не одинаковы даже для районов с однотипным разрезом. В связи с этим в пре-

делах Сахалина выделено несколько районов, характеризующихся особенностями строения геоэлектрического разреза (рис. 3): Северо-Восточный, Северо-Западный, Западно-Сахалинских гор, Юго-Западный (включая Сусунайскую депрессию) и Юго-Восточный.

СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ РАЙОН

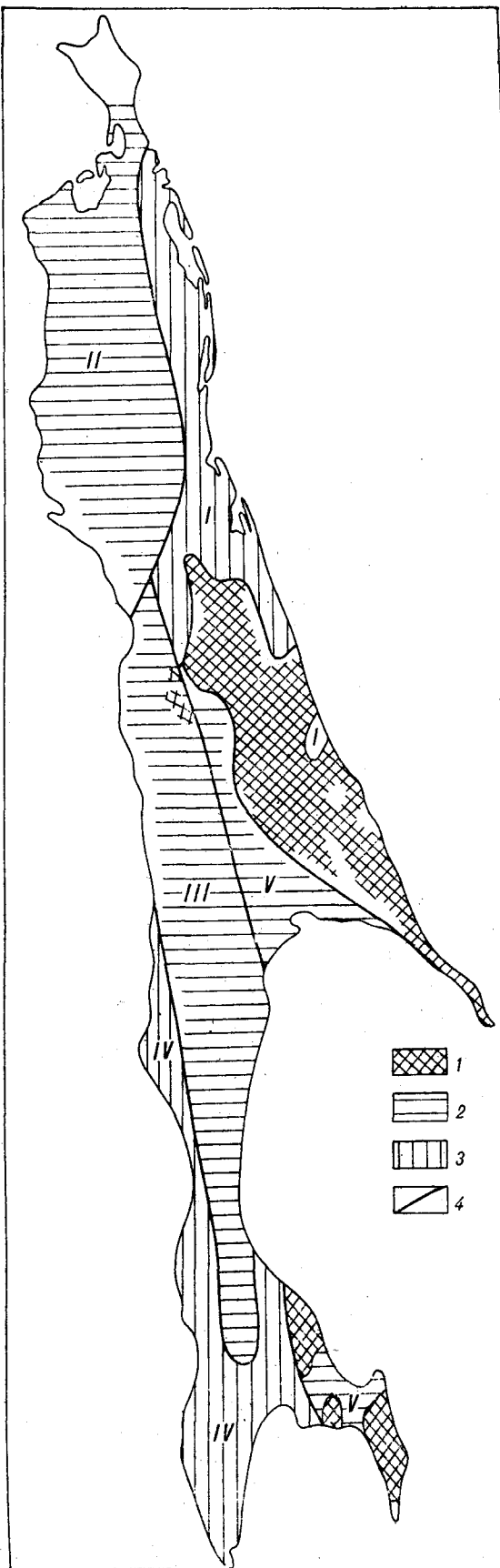
Район прослеживается вдоль берега Охотского моря от перешейка п-ва Шмидта до Пограничного участка. С запада он ограничен Дагинскими горами и Оссой грядой. На юго-западе протягивается узкой полосой вдоль р. Тьмы. Восточная граница района на участке между заливами Пильтун и Чайво выражена нечетко вследствие проникновения высокоминерализованных вод Охотского моря в песчаные отложения верхов разреза. На большей части территории района геоэлектрический разрез является пятислойным типа НКН. Такой тип разреза обусловлен наличием в толще неогеновых отложений двух сравнительно мощных низкоомных комплексов, представленных песчано-глинистыми, преимущественно глубоководными образованиями. Накопление этих комплексов осадков связано с двумя циклами седиментации — сергеевским с максимумом трансгрессии в нижнем миоцене и макаровским, проявившемся в позднем миоцене — в окобыкайское время. Позднедагинская регрессия, разделяющая указанные циклы, явилась причиной накопления толщи прибрежно-мелководных, преимущественно песчаных отложений с повышенным электрическим сопротивлением.

В основании геоэлектрического разреза осадочной толщи залегает горизонт высокого электрического сопротивления — десятки и сотни омметров. Он представлен метаморфическими мезо-палеозойскими либо вулканогенными мезо-кайнозойскими образованиями. На отдельных участках в высокоомное основание включаются и литифицированные раннеогеновые отложения. Глубина залегания высокоомного основания варьирует в больших пределах — от 2500—3500 (Катанглийская, Охинская площади) до 800—10 000 м (Поморо-Пильтунская и Чайвинская синклиналильные зоны).

Наиболее древними породами, вскрытыми глубокими скважинами в Северо-Восточном

Рис. 3. Районирование Сахалина по особенностям строения геоэлектрического разреза.

1 — выходы на поверхность мезо-палеозойских пород (высокоомное основание), 2 — области развития трехслойного геоэлектрического разреза типа Н; 3 — области развития пятислойного геоэлектрического разреза типа НКН, 4 — границы районов с различным строением геоэлектрического разреза. Районы: I — Северо-Восточный, II — Северо-Западный, III — Западно-Сахалинских гор, IV — Юго-Западный, V — Юго-Восточный.



Обобщенный геоэлектрический разрез Северо-Восточного района

Электрический горизонт	Литологическая характеристика и возраст пород	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м
I	Переслаивание песков, песчаников, алевролитов и глинисто-песчаных (нутовская свита) и четвертичного возраста; на Пограничном участке — отложения верхнего миоцена (уранайская и хузинская свиты)	До 3000	20—100
II	Глины, алевролиты, редкие пласты песчаников, пески верхнемиоценового возраста (обыкательская свита); на Лунско-Пограничном участке — отложения среднего миоцена (верхняя часть борской свиты)	До 2000	3—15
III	Пески, песчаники, глины, алевролиты, кремнистые аргиллиты, прослой углей среднемиоценового возраста (дагинская свита); на Лунско-Пограничном участке — нижняя часть борской свиты	До 1500	10—70
IV	Песчано-алевритовые отложения верхнего мела, переслаивание аргиллитов, алевролитов, глинистых песчаников нижне-среднемиоценового возраста (даехурийская, уйинская свиты); на Тымовском участке — пиленгская свита; на Лунско-Пограничном участке — терригенные меловые, нижне-среднемиоценовые (мутновская и пиленгская свиты) отложения	До 3000	5—10
V	Метаморфические мезо-палеозойские и вулканогенные мезокайнозойские породы	∞	Десятки, сотни

районе, являются отложения верхнемелового возраста. Они изучены на Катанглийской, Уйлекутской и Чемернинской площадях (юго-восточное погружение Дагинской антиклинальной зоны), на Охинской площади и на Пограничном участке.

На Катанглийской площади, в скв. 700, верхнемеловые отложения вскрыты в интервале 2693—3414 м (забой скважины). Они представлены в основном песчаниками и алевролитами и имеют сопротивление 20—30 Ом·м.

На Охинской площади меловые отложения вскрыты скв. 1014 на глубине 1798 м. Они представлены снизу вверх толщей туфогенных песчаников и алевролитов (в интервале 2045—3525 м) и пачкой порфиритов, туфобрекчий и туфов. В интервале 1798—2147 м сопротивление отложений составляет ~10 Ом·м. Ниже по разрезу отмечается постепенный рост электрических сопротивлений: в интервале 2147—3250 м до 35 Ом·м и до забоя скважины (3525 м) до 270 Ом·м.

На Пограничном участке верхнемеловые отложения скв. 28 встречены в интервале 2385—3005 м (забой скважины). Это переслаивание песчаников, глинистых сланцев, туфогенных конгломератов с сопротивлением, меняющимся в пределах 4—25 Ом·м, отдельные пласты имеют сопротивление до 50 Ом·м.

Как видно даже из краткого обзора, литологический состав и электрическое сопротивление верхнемеловых пород существенно меняется как по вертикали, так и по площади исследования. Низкоомные верхнемеловые породы совместно с вышележащими неогеновыми отложениями формируют хорошо проводящий осадочный комплекс, а верхнемеловые отложения повышенного электрического сопротивления играют роль высокоомного основания при проведении электроразведочных работ.

Песчано-глинистые отложения нижнего миоцена (уйинская, даехурийская свиты) вскрыты единичными скважинами на Катанглийском, Охинском, Лунском и Пограничном участках.

Наиболее выдержанными по своему литологическому составу являются глинистые отложения уйинской свиты, полный разрез которой вскрыт на Катанглийской площади.

По материалам скв. 700 мощность уйинской свиты составляет 717 м, а сопротивление — 5—8 Ом·м, мощность даехурийской свиты — 200 м, сопротивление — 10—12 Ом·м. Электроразведочные работы, выполненные на Тымовском, Лунском и Пограничном участках, также свидетельствуют о наличии в низах осадочной толщи значительного по мощности проводящего комплекса. Его электрическое сопротивление остается стабильным на большом протяжении и держится в пределах 3—5 Ом·м. Стратиграфически этот комплекс увязывается

с отложениями пиленгской, а на Лунском и Пограничном участках — также и мутновской свит.

Дагинские отложения, формирующие горизонт повышенного сопротивления внутри осадочного комплекса, на большей части территории имеют, в основном, песчаный характер. Они изучены достаточно полно на Катанглийско-Набильском и Дагинском участках и значительно хуже на Паромайском участке вследствие значительной глубины залегания. К югу от Дагинского поднятия отмечается глинизация дагинских отложений. Так, если на Дагинском участке их сопротивление достигает 30, а иногда и 50 и более Ом·м, то на Катанглийско-Набильском участке оно уменьшается до 10—15 Ом·м.

На Тымовском участке дагинские отложения по данным ВЭЗ и МТЗ имеют сопротивление 25—30 Ом·м.

Верхний проводящий комплекс, представленный на большей части территории отложениями верхнего миоцена (окобыкайская свита), имеет сопротивление, изменяющееся в значительных пределах в зависимости от литологического состава пород.

На Катанглийско-Набильском участке окобыкайские отложения представлены преимущественно глинистыми породами. Здесь их сопротивление не превышает 3—4 Ом·м. Несколько выше оно на Дагинском участке — до 6—8 Ом·м. Севернее, в пределах Паромайской мегантиклинали, а также южнее, на Лунско-Пограничном участке, сопротивление окобыкайской свиты возрастает до 10—15 Ом·м вследствие увеличения песчаности разреза.

Верхнюю часть геоэлектрического разреза составляют преимущественно песчаные плиоценовые (нутовская свита) и четвертичные отложения мощностью до 3000 м и сопротивлением в десятки и сотни омметров. Для самых верхов нутовской свиты характерны резкие перепады сопротивления (от единиц до тысяч омметров) в зависимости от орографических условий.

Обобщенный геоэлектрический разрез района приведен в табл. 1.

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ РАЙОН

Район примыкает к Амурскому лиману и Сахалинскому заливу. Восточная граница его на значительном протяжении совпадает с западным склоном Дагинских гор и Оссой-Вальской грядой. Далее к северу она проходит вблизи восточного берега залива Байкал.

Отличительной особенностью значительной части территории района является наличие мощного промежуточного относительного высокоомного горизонта, представленного вулканогенными и вулканогенно-осадочными образованиями верхнемелового и палеогенового возраста.

Высокоомный горизонт, подстилающий проводящие отложения осадочного комплекса в Северо-Западном районе Сахалина, скважинами не вскрыт. Глубина его залегания оценивается по результатам МТЗ и колеблется в пределах 4—12 км.

Залегающий выше комплекс, вероятно, глинистых либо аргиллитовых отложений предположительно мелового возраста также не изучен бурением. Его мощность (1500—5000 м), сопротивление и предполагаемый литологический состав оцениваются по данным МТЗ. Характерной особенностью этой толщи пород является анизотропия электрических сопротивлений. В широтном направлении сопротивление пород колеблется в пределах 5—15 Ом·м, в меридиональном — 40—100 Ом·м.

Образования вышележащего вулканогенно-осадочного комплекса вскрыты разведочными скважинами в пределах Лангрыйской антиклинальной зоны на Центрально-Тамлевской и Музьминской площадях. Так, на Центрально-Тамлевской площади с глубины 2400 м отмечаются конгломераты, туфогенные песчаники, андезитовые порфириды. Мощность вскрытых отложений 500 м, сопротивление — первые сотни омметров. Возраст этих отложений, названных «сладкинской толщей», оценивается как олигоценый [1]. На Музьминской площади бурением на глубине 1100 м вскрыты вулканогенные породы предположительно верхнемелового возраста. Эти отложения (так называемая «музьминская толща») имеют сопротивление 100—300 Ом·м. Вскрытая мощность составляет 700 м.

Полная мощность вулканогенно-осадочного комплекса, определенная по результатам МТЗ, колеблется от 2000 до 2500 м. По данным ВЭЗ, его сопротивление варьирует в пределах 30—180 Ом·м.

Проводящий комплекс осадков, перекрывающий вулканогенно-осадочные отложения, для значительной части территории представлен глинисто-песчаными отложениями нижнего миоцена. Литологический состав этого комплекса, как можно судить по результатам бурения немногих скважин в пределах Лангрыйской и Энгизпальской антиклинальных зон, на Большереченской, Западно-Глухарской, Южно-Гыргыланьинской, Средне-Лангерийской, Аскасайской площадях, а также по данным электроразведочных работ, меняется от аргилито-глинистых до глинисто-песчаных и преимущественно песчаных.

На Лангрыйском и Энгизпальском участках это преимущественно глубоководные глинистые и аргиллитовые отложения нижнего миоцена и палеогена (нижнелангерийская, энгизпальская, хандасинская свиты) мощностью 600—700 м и сопротивлением 3—8 Ом·м.

Глинисто-песчаные отложения накапливались на большей части Нышско-Байкальской депрессионной области и на склонах Дагинской и Гыргыланьинской антиклинальных зон. Литологический разрез представлен алевритовыми отложениями на Средне-Лангерийской ($\rho = 15$ Ом·м, вскрытая мощность 700 м) и Большереченской ($\rho = 6$ Ом·м, вскрытая мощность 600 м) площадях или чередованием глин и относительно маломощных песчаных пластов (Волчинская площадь, $\rho = 6—10$ Ом·м, вскрытая мощность 100 м). Участки, характеризующиеся повышенным сопротивлением рассматриваемого комплекса (до 30—50 Ом·м), приурочены к центральным районам Дагинской антиклинальной зоны и восточной части Вальской депрессии.

Обобщенный геоэлектрический разрез Северо-Западного района

Электрический горизонт	Литологическая характеристика и возраст пород	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м
I	Преимущественно песчаные отложения верхне-среднемиоценового и плиоценового возраста. На Лангрыйском участке — верхнелангерийская, нанивская и тамлевская свиты, на Энгизпальском участке — вагисская и теньгинская свиты, на Байкальском участке — нутовская свита, на Валском участке — дагинская, окобыкайская и нутовская свиты	2000—4000	20—60
II	Чередование глин, аргиллитов, алевролитов, песчаников нижнемиоценового и палеогенового возраста. На Лангрыйском участке — нижнелангерийская свита, на Энгизпальском участке — энгизпальская и хандасинская свиты; на Валско-Нышском участке — уйинская свита	1000—3000	3—8
III	Песчаники, аргиллиты, алевролиты, конгломераты, туфогенные, вулканомиктовые отложения, андезитодациты верхнего мела и палеогена	2000—5000	30—200
IV	Преимущественно глинистая, либо аргиллитовая толща предположительно верхнемелового возраста	1500—5000	$\rho_x = 5-15$ $\rho_y = 40-100$
V	Метаморфические мезо-палеозойские породы	∞	Сотни

Следует отметить, что для большей части района стратиграфический диапазон низкоомных отложений ограничивается нижним миоценом. Однако вполне вероятно, что на отдельных участках (к ним скорее всего относятся наиболее погруженные части синклинальных зон) в низкоомный комплекс входят и осадочные верхнемеловые отложения.

Верхнюю часть геоэлектрического разреза составляют относительно плохопроводящие отложения плиоцена и верхнего-среднего миоцена (нутовская, окобыкайская и дагинская свиты). Эта мощная толща песчано-глинистых отложений (в синклинальных зонах ее мощность более 3 км) имеет сопротивление в пределах 20—100 Ом·м.

Обобщенный геоэлектрический разрез района представлен в табл. 2.

В пределах участка широко развиты меловые отложения, слагающие ядро Западно-Сахалинского антиклинория. Крылья антиклинория сложены неогеновыми и палеогеновыми породами.

Геоэлектрический разрез изучен очень слабо ввиду крайне незначительного объема выполненных буровых и электроразведочных работ. На меловом поле пробурена только одна скважина глубиной 2000 м (восточный склон Западно-Сахалинских гор, Пугачевская площадь). Скважина на всем протяжении вскрыла аргиллитов-алевролитовые породы быковской свиты верхнего мела. Их сопротивление составляет в среднем 10 Ом·м. Значительная мощность меловых отложений вскрыта бурением на Лопатинской площади, расположенной на западном крыле Западно-Сахалинского антиклинория. Меловые отложения начинаются здесь с глубины 605 м, они представлены чередованием аргиллитов и алевролитов быковской (до глубины 2000 м) и найбинской (до забоя на глубине 3015 м) свит. Сопротивление меловых отложений до глубины 1710 м составляет 15—20 Ом·м, ниже — до забоя — 50—70 Ом·м.

Сопротивление палеогеновых отложений (песчаники и алевролиты), развитых в верхах разреза, достигает 40—50 Ом·м.

Электроразведочные работы методами МТЗ и ВЭЗ были выполнены по профилю Тымовское — Александровск и методом МТЗ — по профилю Бошняково — Смирных вкосте простирания Западно-Сахалинского антиклинория. Результаты этих исследований позволили получить представление о геоэлектрическом разрезе низов осадочной толщи рассматриваемого района.

В основании осадочной толщи залегают метаморфические образования мезо-палеозоя. В исследуемом районе бурением они не изучены. Глубина их залегания оценивается только по результатам МТЗ и составляет 5—6 км.

Залегающий выше относительно низкоомный комплекс отложений представлен аргиллитами и алевролитами тымовской свиты. В зависимости от литологического состава отложений, их плотности и проницаемости, сопротивление тымовской свиты меняется в значительных пределах — от 8—10 до 20—30 Ом·м, а иногда и выше. Мощность низкоомного комплекса достигает 2000 м.

В верхней части разреза развиты преимущественно песчаные отложения с прослоями вулканогенных пород. В северной части Западно-Сахалинских гор эти отложения относятся к верблюжегорской, жонкьерской и красноярковской свитам верхнего мела (туронский — дат-

Таблица 3

Обобщенный геоэлектрический разрез Западно-Сахалинских гор

Электрический горизонт	Литологическая характеристика и возраст пород	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м
I	Песчаники с прослоями алевролитов, алевролиты и аргиллиты, туффиты верхнего мела (верблюжегорская, жонкьерская и красноярковская свиты) — в северной части Западно-Сахалинских гор; средней и верхней подсвит быковской и красноярковской свиты в южной части Западно-Сахалинских гор	3000—4000	30—100
II	Алевролиты, аргиллиты с прослоями песчаников верхнего мела (тымовская свита) — в северной части Западно-Сахалинских гор; низов быковской свиты — в южной части Западно-Сахалинских гор	До 2000	5—20
III	Метаморфические образования мезо-палеозойского возраста	∞	Сотни

ский ярус), в южной — к средней и верхней подсвитам быковской свиты и красноярковской свите. Сопротивление верхнего относительно высокоомного комплекса было определено по результатам электроразведочных работ ВЭЗ и МТЗ. Оно колеблется в пределах 30—100 Ом·м. Мощность комплекса достигает 3000—4000 м.

Анализ кривых МТЗ позволяет сделать вывод, что меловые породы обладают анизотропными электрическими свойствами. Сопротивление их в широтном направлении значительно меньше (5—8 Ом·м), чем в меридиональном (до 20 Ом·м).

Обобщенный геоэлектрический разрез района представлен в табл. 3.

ЮГО-ЗАПАДНЫЙ РАЙОН

Рассматриваемая территория, включающая в себя западное побережье Южного Сахалина, Лютогскую и Сусунайскую низменности, характеризуется пятислойным геоэлектрическим разрезом типа НКН (табл. 4).

Геоэлектрический разрез изучен на основании электрокаротажа разведочных скважин, пробуренных на Угловской, Южно-Невельской, Северо-Невельской, Шебунинской, Долинской, Ковровской, Песчанской и Анивской площадях и данных электроразведочных работ.

Образования высокоомного мезо-палеозойского фундамента выходят на поверхность в

Таблица 4

Обобщенный геоэлектрический разрез Юго-Западного района

Электрический горизонт	Литологическая характеристика и возраст пород	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м
I	Туфогенные песчаники и алевролиты нижне-среднемиоценового возраста (аракайская, холмская, невельская, чеховская, на отдельных участках также углерогенная и курасийская свиты); в Сусунайской депрессии песчаные отложения плиоцена (верхи маруямской свиты)	800—2000	10—20
II	Песчано-алевритовые, глинистые и аргиллитовые отложения палеогена и нижнего миоцена (верхняя часть найбутинской, такарадайская и аракайская свиты); в Сусунайской депрессии — глинистые отложения верхнего миоцена (низы маруямской свиты)	400—1500	2—6
III	Песчаники с прослоями грубообломочного, вулканогенного и алевролитового материала верхнемелового — палеогенового возраста (красноярковская свита, низы найбутинской свиты); в Сусунайской депрессии — верхний мел — нижний — средний миоцен (красноярковская, аракайская, холмская, невельская свиты)	700—2300	10—20
IV	Глинистые отложения верхнемелового возраста (быковская свита); на побережье Татарского пролива — нерасчлененные отложения айской, найбутинской и быковской свит верхнего мела	1000—2500	3—8
V	Метаморфические породы (кварциты, сланцы, филлиты, мраморы, яшмы, известняки) мезо-палеозойского возраста	∞	Десятки, сотни

непосредственной близости от рассматриваемого участка — в Сусунайском хребте и представлены комплексом метаморфических пород (кварцитов, сланцев, филлитов, мраморов, яшм и известняков).

На мезо-палеозойском фундаменте залегает низкоомный комплекс осадков, сложенный глинистыми отложениями быковской свиты. На побережье Татарского пролива, как можно судить из сопоставления с данными геологической съемки, этот комплекс включает в себя нерасчлененные отложения айской, найбутинской и быковской свит верхнего мела. Мощность отложений комплекса колеблется от 1000—1500 м в Сусунайской депрессии до 2000—

Обобщенный геоэлектрический разрез Юго-Восточного района

Электрический горизонт	Литологическая характеристика и возраст пород	Мощность, м	Сопротивление, Ом·м
I	Пески, алевролиты, глины с лигнитами, туфогенные песчаники нижнего — среднего миоцена и плиоцена. На Поронайском участке — отложения чеховской, верхнедуйской и маруямской свит; на Муравьевском участке — отложения холмской и курасийской свит	До 2000	25—170
II	Алевролиты, песчаники, аргиллиты, прослой туфов верхнего мела и нижнего миоцена (быковская и гастелловская свиты) — на Муравьевском участке; палеогена и нижнего миоцена (нижнедуйская, невельская, холмская и низы чеховской свит) — на Поронайском участке	До 2000	5—25
III	Метаморфические образования различных горизонтов мезо-палеозоя	∞	Десятки, сотни

омного основания. Геоэлектрический разрез трехслойный, типа Н. Характеристика разреза дается по результатам каротажа скважин на Поронайском, Муравьевском и Лермонтовском участках, а также по данным электроразведки ВЭЗ и МТЗ.

Метаморфический фундамент вскрыт в северной части района (Поронайская низменность) на Буюклинском погребенном поднятии и на Лермонтовской площади на глубинах от 600 до 2500 м. В южной части района метаморфические и туфогенно-осадочные образования юрско-нижнемелового возраста (новиковская свита), которые вместе с подстилающими их палеозойскими образованиями являются высокоомным основанием для осадочной толщи, выходят на поверхность на отдельных участках. Сопротивление этих пород варьирует в пределах десятки — первые сотни омметров. Максимальная глубина залегания достигает 2500—2900 м. Мезо-палеозойский фундамент перекрывается сравнительно низкоомными разновозрастными породами верхнего мела и нижнего миоцена (Муравьевская низменность), палеогена и нижнего — среднего миоцена (Поронайская низменность). Это преимущественно аргиллито-глинистые и песчано-глинистые отложения, сопротивление их 5—25 Ом·м. В верхах разреза залегают высокоомные терригенные с прослоями туфогенного материала отложения сопротивлением 25—170 Ом·м. Обобщенный разрез Юго-Восточного района приведен в табл. 5.

2500 м на побережье Татарского пролива. Сопротивление отложений варьирует в пределах 3—8 Ом·м.

Выше по разрезу залегает горизонт повышенного сопротивления. На побережье Татарского пролива и в Лютогской депрессии он представлен преимущественно песчаниками с прослоями грубообломочного, вулканогенного и алевролитового материала, относящимися к верхнему мелу — палеогену (красноярковская, низы найбутинской свиты). Сопротивление отложений 15—20 Ом·м, мощность 700—1000 м.

В Сусунайской депрессии литологический состав отложений такой же, как и на побережье Татарского пролива, но отмечается их более широкий стратиграфический диапазон — от верхнего мела до нижнего — среднего миоцена (красноярковская, аракайская, холмская, невельская свиты). Мощность осадочных отложений в южной части Сусунайской депрессии не превышает 2300 м, сопротивление 10—20 Ом·м.

На значительной части территории выше по разрезу отмечается низкоомный комплекс отложений. На побережье Татарского пролива он представлен песчано-глинистыми и аргиллитовыми отложениями палеогена (верхняя часть найбутинской и такарадайская свиты). Мощность 400—700 м, сопротивление 1,5—2 Ом·м. В пределах Лютогской депрессии — это глинистые и песчано-алевролитовые отложения палеогена и нижнего миоцена (верхи найбутинской, такарадайская и аракайская свиты). Мощность отложений достигает 1500 м, сопротивление 2—6 Ом·м. В Сусунайской депрессии низкоомный комплекс отмечается повсеместно. Он вскрыт скважинами на Восточно-Луговской, Бачинской площадях. Стратиграфически относится к низам маруямской свиты. Представлен глинистой толщей мощностью 500—1000 м и сопротивлением 4—5 Ом·м.

Верхнюю часть геоэлектрического разреза составляют относительно высокоомные (10—20 Ом·м) миоцен-плиоценовые отложения. Их мощность достигает 2000 м.

ЮГО-ВОСТОЧНЫЙ РАЙОН

Район включает в себя территорию, примыкающую к заливу Терпения. Характерным для всего района являются незначительные мощности проводящих осадочных отложений. К наиболее интересным участкам можно отнести Поронайскую и Муравьевскую низменности. Оба участка имеют сложное геологическое строение, характеризуются наличием размывов, выпадением из разреза отдельных слоев осадочной толщи, разновозрастностью высоко-

В заключение можно отметить следующие общие особенности геоэлектрического разреза осадочной толщи Сахалина.

1. Для большей части территории Сахалина характерны два типа геоэлектрического разреза: для центральной части острова — трехслойный разрез типа Н; для районов, примыкающих к побережью Охотского моря и Татарского пролива, — пятислойный разрез типа НКН.

2. Для осадочной толщи большинства районов Сахалина характерна существенная дифференциация по электрическим сопротивлениям, что создает благоприятные условия для выделения крупных электрических комплексов. Электрические границы обычно совпадают с литологическими, и величины сопротивлений находятся в прямой зависимости от литологического состава пород.

3. Для осадочной толщи Сахалина характерно в целом плавное изменение величины среднего продольного сопротивления (в среднем от 4—6 до 20—25 Ом·м), в то время как в верхней части разреза (50—300 м), сложенной преимущественно песчаными отложениями, отмечаются резкие изменения сопротивления даже в пределах небольших по площади участков. Величины сопротивлений варьируют от долей до десятков тысяч омметров.

4. Значения суммарной продольной проводимости (S) осадочных отложений меняются, как правило, от 200 до 600 См. Исключения составляют отдельные локальные участки, расположенные в прибрежной части, где значения S достигают 1000 См, и участки выходов на поверхность мезо-палеозойских отложений, где значения S уменьшаются до десятков сименс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мишаков Г. С., Аршев Е. Г., Еруз А. П. К стратиграфии Лангрийского района Северного Сахалина. — Тр. ВНИГРИ, 1972, вып. 306.
2. Равдоникас О. В. Гидрогеологические условия Са-

халина. — В кн.: Геология нефтяных и газовых месторождений Сахалина. Л.: Недра, 1974.
3. Сирьк И. М. Нефтегазоносность восточных склонов Западно-Сахалинских гор. М.: Наука, 1968.

СахалинНИПИНефтегаз
Оха-на-Сахалине

Поступила в редакцию
14 апреля 1983 г.