

**СТРОЕНИЕ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ ВДОЛЬ ПРОФИЛЯ  
с. ТРОИЦКОЕ–с. ЛИДОГА–п. ВАНИНО (СЕВЕРНЫЙ СИХОТЭ-АЛИНЬ)  
ПО ДАННЫМ АУДИОМАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКИХ ЗОНДИРОВАНИЙ**

***В.Б. Каплун***

*ФГБУН Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, ул. Ким Ю Чена 65, г.Хабаровск, 680000; e-mail: kaplun@itig.as.khb.ru*

Поступила в редакцию 9 марта 2016 г.

Рассмотрены результаты аудиоманнитотеллурических зондирований Северного Сихотэ-Алиня по профилю с. Троицкое–с. Лидога–п. Ванино. Выполнен анализ амплитудных кривых, проведены одномерная и двумерная интерпретации, построен геоэлектрический разрез до глубины 5 км, дано его истолкование.

**Ключевые слова:** аудиоманнитотеллурические зондирования, геоэлектрический разрез, земная кора, Сихотэ-Алинский орогенный пояс.

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на то, что территория Северного Сихотэ-Алиня покрыта геологической съемкой М 1:200 000, он недостаточно изучен, так как большинство карт было составлено еще во второй половине прошлого века. Такая же ситуация сложилась и с геофизическими исследованиями. Имеющиеся различные типы карт построены в масштабе 1:1 000 000 или мельче. Из-за отсутствия глубоких буровых скважин практически нет информации о строении верхней части земной коры. Геофизические исследования, проведенные здесь ранее, были направлены на изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии. Целью данных исследований являлось изучение строения верхней части земной коры, определение ее электрических характеристик, выявление зон аномальных значений электрического сопротивления и сопоставление их с геологическим строением.

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ**

Сихотэ-Алинский орогенный пояс (САОП) протягивается в северо-восточном направлении почти на 1500 км от южного побережья Приморья до побережья Охотского моря Нижнего Приамурья. Западная граница САОП проходит по серии разломов (Арсеньевский, Алчанский, Куканский), отделяющих его от Бурея-Ханкайского орогенного пояса. На севере САОП граничит с Монголо-Охотским ороген-

ным поясом по Пауканскому и Лимурчанскому разломам. Восточная граница САОП скрыта под водами Японского моря и Татарского пролива. По данным [29], САОП со стороны моря ограничен глубинными разломами – Восточно-Сихотэ-Алинским и Монеронским или, по [5], – Прибрежным. Пояс образован Самаркинским, Наданьхада-Бикинским, Хабаровским, Баджалским, Таухинским и Киселевско-Маноминским террейнами юрских и раннемеловых аккреционных призм, Кемским террейном раннемеловой островодужной системы, а также Журавлевско-Амурским террейном раннемелового синдвигового турбидитового бассейна [4] (рис. 1). Формирование пояса началось в неокоме и продолжалось вплоть до середины альба в обстановке трансформной окраины на фоне пликативных и дизъюнктивных деформаций, связанных с крупномасштабными левосдвиговыми перемещениями по системе окраинно-континентальных сдвигов [13]. Создание континентальной литосферы завершилось внедрением гранитоидных магм хунгарийского и татибинского комплексов. Постаккреционными образованиями пояса являются раннемеловые вулканиты Хингано-Охотского, позднемеловые вулканиты Восточно-Сихотэ-Алинского поясов, а также комплекс кайнозойских вулканитов и угленосных терригенных пород.

В мезозойских разрезах САОП выделяется четыре этапа терригенного осадконакопления: среднепозднетриасовый, ранне-позднеюрский, раннемело-



вой (берриас-валанжинский), ранне-поздне меловой (готерив-сеноманский).

Результатами исследований изотопного состава неодима (Nd) подтверждены выводы, полученные при детальном геологическом изучении аккреционных комплексов Сихотэ-Алиня, указывающие на отсутствие древнего докембрийского фундамента под его складчатыми сооружениями [34].

Вдоль восточной окраины САОП протягивается Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс (ВСАВП), несогласно перекрывая структуры САОП. Магматизм пояса представлен базальтами и андезитами синанчинского комплекса (сеноман), большими массами туфов и игнимбритов кислого состава приморской серии (турон-сантон), а также андезитами самаргинского, дацитами и риодацитами сияновского вулканических комплексов (маастрехт). Источниками вулканических извержений являлись глубинные и близповерхностные очаги. В пределах ВСАВП широко проявлены интрузии гранитоидного состава, которые, согласно геолого-петрологическим исследованиям, образуют три группы тел, сформированных на глубинах менее 3–4 км и разделенных пространственно [4].

На северо-западную часть САОП наложен Среднеамурский осадочный бассейн (САОБ), входящий в состав Восточно-Азиатского грабенового (рифтогенного) пояса [3, 12] и частично перекрывающий его западную границу. САОБ представляет собой систему грабенов и горстов. Выделяется около 50 грабенов и погружений. Преобладают полуграбены и среди них – с крутыми сбросовыми восточными и юго-восточными бортами. Чехлом бассейна являются континентальные озерно-аллювиальные угленосные отложения, лежащие несогласно с разрывом на докембрийские комплексы и расчлененные на пять свит [2, 30].

Большое значение в строении САОП играют глубинные разломы, главный из которых – Центральный Сихотэ-Алинский (ЦСАР). ЦСАР является левым сдвигом и прослеживается более чем на 1300 км от залива Петра Великого на юге Приморья до побережья Охотского моря и уходит далее под его воды [33]. Согласно другим построениям [5], северная часть ЦСАР (примерно севернее р. Амур) не прослеживается. В работе [4] северным продолжением ЦСАР является Лимурчанский разлом. Согласно [29], Тумнинский поперечный разлом делит ЦСАР на два отрезка с различной ориентировкой – собственно Сихотэ-Алинский восток-северо-восточный ( $20^{\circ}$ – $25^{\circ}$ ) и Нижнеамурский меридиональный ( $0^{\circ}$ – $5^{\circ}$ ). Как левый сдвиг разлом начал формироваться не позднее юры.

С конца раннего мела-палеогена по разлому осуществлялись наиболее значительные перемещения и активная интрузивная деятельность. Суммарная амплитуда смещения составляет 200, и возможно более, километров. Имея сложную морфологию, он представляет собой серию кулисообразных и ветвящихся разрывов, заполненных ультрабазитами и гранитоидами, а также дислокационными гнейсами, милонитами, катаклазитами, кварцитами.

Кроме ЦСАР на территории исследований выделяются Маноминский, Кабули-Хорский, Верхнеанюйский глубинные разломы.

### ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ

САОП покрыт гравиметрической и магнитной съемками различных масштабов. Отдельные его площади изучены поверхностными электроразведочными методами. Вкостростириания САОП проведено несколько региональных сейсмических (ГСЗ), сейсмологических (МОВЗ) и электроразведочных (МТЗ, МВЗ) профилей. Кроме этого в пределах САОП были выполнены МТЗ на отдельных профилях и пунктах.

В региональном гравитационном поле САОП на всем протяжении от южного побережья до Нижнего Приамурья характеризуется минимумом, который с запада и с севера ограничен Амуро-Ханкайским и Удско-Татарским максимумами, совпадающими примерно со Среднеамурским осадочным бассейном, Ханкайским массивом и Нижним Приамурьем, соответственно. Форма аномалий полосовая, слабоизогнутая, северо-восточного простирания с экстремумом, смещенным к северу [32].

По результатам сейсмических исследований методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) было установлено, что максимальная мощность земной коры достигает 40–42 км в Урмийском прогибе и приразломной зоне ЦСАР на юге САОП, а минимальная составляет 30–34 км в прибрежных районах. Отмечается блоковое строение земной коры. Блоки ограничиваются разломами вертикального и наклонного заложения, причем восточное их падение преобладает над западным. Анализ структурных схем для различных поверхностей раздела в земной коре показал горизонтальное смещение блоков в восточном направлении [27, 28].

По результатам метода обменных волн землетрясений (МОВЗ) по профилю Облучье–Датта [20] отмечается блоковая латеральная зональность. Восточнее станции Форель в строении земной коры и верхней мантии выделяется несколько сталактитоподобных областей с выраженной анизотропией скоростей, окруженных практически изотропной мантией. В

пределах анизотропных интервалов фиксируется некоторое погружение подошвы коры, а над изотропными областями, наоборот, наблюдается относительное воздымание границы Мохо.

Магнитотеллурические исследования северной части САОП были направлены в основном на изучение рудных районов [17, 31] и Среднеамурского осадочного бассейна [15, 18], а также здесь выполнен ряд региональных профилей [16, 24–26].

В результате исследований глубинного строения Комсомольского рудного района методом МТЗ [31] был получен трехслойный геоэлектрический разрез с параметрами:  $\rho_1 = 60\text{--}100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ,  $h_1 = 6\text{--}9 \text{ км}$ ,  $\rho_2 = 1000\text{--}4000 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ,  $h_2 = 40\text{--}60 \text{ км}$ ,  $\rho_3 = 10\text{--}25 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . По результатам интерпретации всех зондирований, выполненных в пределах Комсомольского и Баджальского рудных районов, построена пространственная модель их геоэлектрического строения, которая представляет собой в верхней части чашеобразную структуру сопротивлением от 200 до нескольких тысяч Ом·м и мощностью до 50–60 км, осложненную проникающими снизу субвертикальными зонами низкого сопротивления менее 150 Ом·м [17].

Земная кора Среднеамурского осадочного бассейна, наложенного на северо-западную часть САОП, представляет собой коллаж блоков высокого сопротивления нескольких тысяч Ом·м, разделенных зонами пониженного сопротивления. На глубине 30–35 км выделяется проводящий слой сопротивлением 100 Ом·м, который воздымается к центру бассейна до глубины 15–20 км [18].

Изучение глубинного строения северной части САОП по профилю Советская Гавань–Комсомольск-на-Амуре проведено методами магнитотеллурического зондирования и магнитовариационного профилирования (МВП) [24]. По результатам МВП были построены вектора Визе-Паркинсона, график  $H_z/H_y$  и глубинный разрез. Определена глубина до проводящего слоя верхней мантии на участке профиля Дюанка–Гурское, которая составляет 100–120 км, а в районе пос. Селихино наблюдается погружение кровли проводящего слоя. Интерпретация кривых МТЗ, построенных в диапазоне периодов от 10 с до 1–1.5 ч., показала, что на западном участке профиля происходит погружение кровли проводящего слоя до глубин 200–220 км. Кроме этого в точке Хурмули был установлен проводящий слой на глубине около 20 км.

Индукционные вектора  $h_z$  в большинстве пунктов наблюдения направлены перпендикулярно к берегу. Аномальное поведение магнитного поля наблюдается главным образом в вариациях  $H_z$ -компоненты, в то время как поле вариаций горизонтальных состав-

ляющих в целом достаточно однородно. Влияние берегового эффекта на периоде 1 час оценено на расстояние в 100–120 км.

Оценка влияния берегового эффекта, полученная путем численного моделирования на трехмерной модели [21], показала, что вся территория САОП подвержена его влиянию на периоде 2 часа.

Одной из самых широкомасштабных работ, направленных на изучение глубинной электропроводности Приамурья, являются магнитотеллурические зондирования вдоль зоны БАМ цифровыми станциями с расстоянием между пунктами примерно 10–15 км, однако в восточной части профиля, при пересечении САОП, расстояние между точками возросло до нескольких десятков километров [26]. Основными результатами выполненных работ является построение обобщенного геоэлектрического разреза и средних кривых для основных структур, пересеченных профилем. Электрическое сопротивление верхних пяти километров земной коры САОП составляет более 1000 Ом·м. На глубинах 25–30 км выделен проводящий слой мощностью примерно 20–40 км и сопротивлением 90–100 Ом·м. Природа проводящего слоя связывается с глубинными флюидопотоками.

На основе интерпретации около сотни одиночных МТЗ, выполненных в различных частях САОП в диапазоне примерно от 10 с до нескольких тысяч секунд [22, 23], проведено районирование тектоносферы по типу геоэлектрических неоднородностей и их взаиморасположению на глубинах 35–80 км и нижней части земной коры. Построены схемы электропроводности и выделены анизотропные электропроводящие структуры для этих глубин, определены параметры геоэлектрического разреза. Анизотропные электропроводящие структуры нижней части земной коры согласуются со структурой подстилающей части литосферы. В геоэлектрическом разрезе выделяется два проводящих слоя. Один расположен ниже поверхности Мохо с сопротивлением 80–150 Ом·м, а второй, отождествляемый с астеносферой, – на глубине 130–150 км, воздымаясь в сторону Татарского пролива до глубины 80 км. Его сопротивление составляет 20–50 Ом·м под континентом и 5–20 Ом·м в море. Мощность земной коры сопротивлением более 1000 Ом·м составляет 35–40 км и уменьшается под дном Татарского пролива до 20–35 км.

Таким образом, результаты геофизических исследований показали, что САОП имеет блоковое строение земной коры мощностью 30–35 км, сопротивлением свыше 1000 Ом·м. В осадочных бассейнах в верхней части земной коры выделяется слой пониженного сопротивления от первых десятков до первых

сотен Ом·м мощностью до нескольких километров. В средней части земной коры на глубинах 10–15 км возможно наличие проводящего слоя с сопротивлением 20–50 Ом·м. В низах земной коры и подкоровой литосфере почти повсеместно выделяется проводящий слой сопротивлением около 100 Ом·м и мощностью в несколько десятков километров. Большое влияние на структуру САОП оказывают основные сдвиговые системы: Тан-Лу и Центрально-Сихотэ-Алинская. Результаты МТЗ в области длинных периодов более 2 ч. подтверждены влиянию берегового эффекта.

### Исходные данные

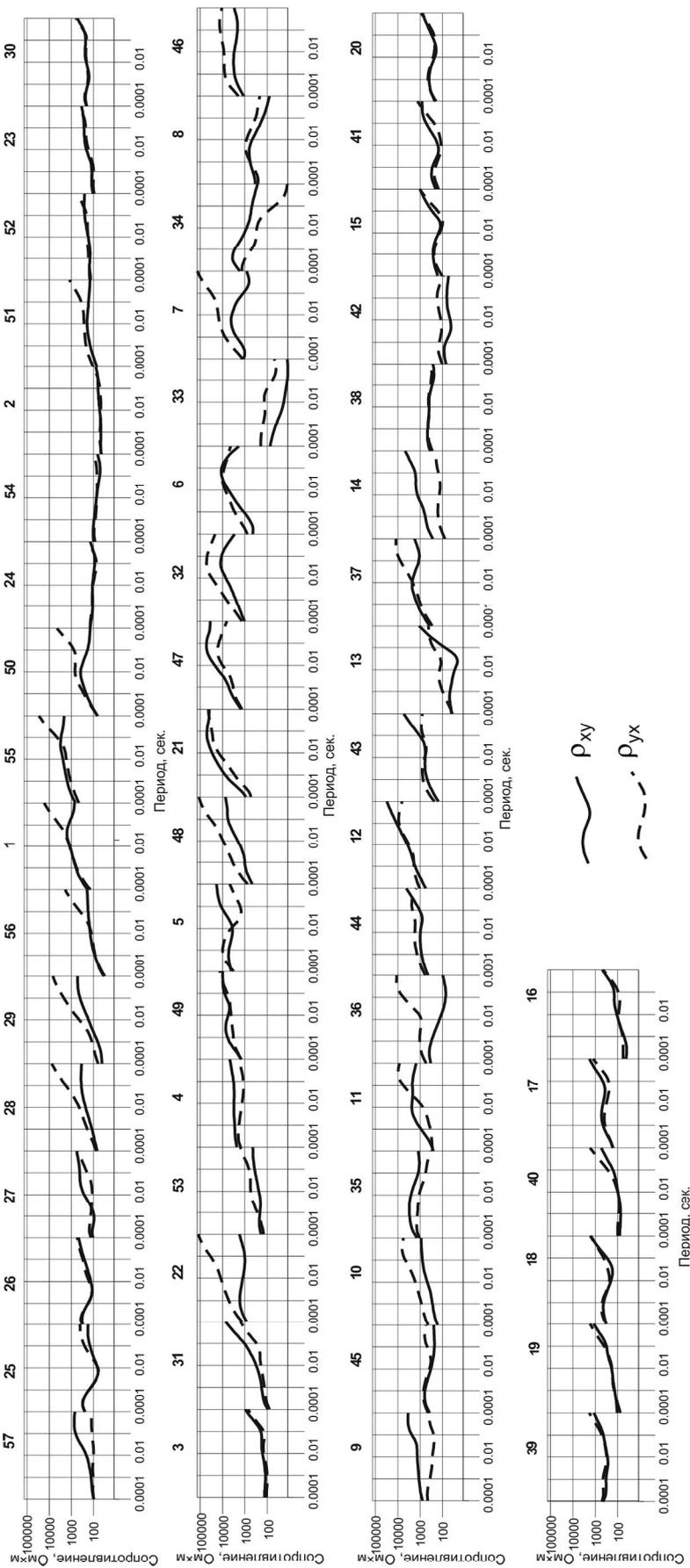
Полевые работы были проведены в течение двух лет в летний период 2013 и 2014 годов. В 2013 г. измерение электромагнитного поля проводилось по профилю с. Лидога–п. Ванино с шагом между пунктами наблюдения 10–15 км. В 2014 г. профиль был продолжен до с. Троицкое с шагом 5 км, а на участке с. Лидога–п. Ванино регистрация электромагнитного поля осуществлялась между ранее выполненными в 2013 г. пунктами. Таким образом, расстояние между пунктами наблюдения на всем протяжении профиля с. Троицкое–с. Лидога–п. Ванино в основном составляет 5 км. Всего выполнено 57 зондирований на профиле длиной около 310 км. Расположение профиля показано на рис. 1. Профиль начинается на правом берегу р. Амур к югу от с. Троицкое и заканчивается в 8 км к юго-западу от п. Ванино, пересекая САОП с северо-запада на юго-восток вкрест его простирания.

Измерения электромагнитного поля проводились с использованием цифровой 24-разрядной станции MTU-5A и магнитными индукционными датчиками МТС-30 производства фирмы Phoenix (Канада). Длина электрических линий составляла 70 м. Установка датчиков и прокладка линий осуществлялась в направлениях юг–север (Х-компонента), запад–восток (Y-компонента). Северное и восточное заземления соединялись с положительными клеммами станции, а южное и западное – с отрицательными. Заземление электрических линий осуществлялось при помощи слабополяризующихся угольных электродов. Во всех пунктах регистрация естественного электромагнитного поля Земли проводилась в диапазоне частот  $10^4$  Гц ÷ 1 Гц (режим АМТ). После регистрации на точке осуществлялся визуальный контроль качества полевой записи и ее предварительная обработка с использованием программного пакета SSMT2000. При необходимости производился повторный замер. Профиль большей своей частью проходил по местности с отсутствием промышленных помех, за исключением начала профиля (№ 57 ÷ № 56) и конца профиля (№ 16). Основной помехой являлись грозы. В связи с

этим приходилось или проводить повторные замеры, или исключать из обработки участки записи, подверженные искажениям грозowymi разрядами. В результате были получены полевые данные хорошего качества. Окончательная обработка полевых материалов осуществлялась в камеральных условиях с использованием программы Corrector (ООО «Северо-Запад», Москва) для удаления выбросов отдельных значений и сглаживания импедансных кривых МТЗ.

### Анализ магнитотеллурических данных

Форма амплитудных кривых довольно значительно варьирует вдоль профиля (рис. 2). В основном амплитудные кривые имеют восходящие ветви, иногда хорошо проявлен максимум с последующей ниспадающей ветвью. На восходящей ветви часто отмечается наличие локального минимума. Имеются группы кривых, представленных пологими ветвями. В этом случае кривые  $\rho_{xy}$  и  $\rho_{yx}$  почти совпадают друг с другом, в основном их уровень по оси сопротивлений различен. Наибольшее расхождение кривых наблюдается с увеличением периода. Амплитудные кривые преимущественно расположены в диапазоне сопротивлений от 100 до 10 000 Ом·м, но иногда отмечаются отдельные кривые или группы кривых, сопротивление которых выходит за пределы данного диапазона. Анализ амплитудных кривых показывает, что геоэлектрический разрез вдоль профиля исследований характеризуется неоднородным строением. В связи с этим для определения стратегии дальнейшей интерпретации полученных данных были выполнены магнитовариационный и магнитотеллурический тесты [1]. Для этого были рассчитаны магнитовариационные параметры неоднородности ( $N_{mv}$ ) и асимметрии ( $skew_{mv}$ ), магнитотеллурический параметр неоднородности ( $N_{mt}$ ), параметры асимметрии Свифта ( $skew_s$ ) и Бара ( $skew_B$ ). Параметр неоднородности ( $N$ ) позволяет оценить степень горизонтальной геоэлектрической неоднородности, а параметр асимметрии ( $skew$ ) – степень отклонения среды от двумерно-однородной или осесимметричной. Пороговыми значениями, характеризующими среду как горизонтально-однородную, были приняты предложенные в работе [1] величины для  $N_{mv} = 0.05$ , для  $skew_{mv} = 0.2$ , для  $N_{mt}$ ,  $skew_s$  и  $skew_B$  равными 0.15. Расчеты показали, что параметр асимметрии  $skew_{mv}$  определяется неустойчиво, т.к. величины реальной и мнимой частей вектора Визе-Паркинсона  $\|ReW\|$  и  $\|ImW\| < 0.1$ . Результаты расчетов остальных параметров представлены на рис. 3. Магнитовариационный параметр неоднородности  $N_{mv}$  (рис. 3 а) показывает, что геоэлектрический разрез профиля, в основном, отличается от горизонтально-однородной среды, но, тем не менее, в



**Рис. 2.** Амплитудные кривые АМТЗ профиля с. Троицкое–с. Лидога–п. Ванино. Положение пунктов АМТЗ см. на рис. 3–5.



его северо-западной и юго-восточной частях выделяются обширные области, соответствующие горизонтально-однородной среде вплоть до периодов 0.1 с. Наибольшей неоднородностью отмечается центральная часть профиля. Распределения магнитотеллурического параметра неоднородности  $N_{\text{mt}}$  (рис. 3 б), параметров асимметрии Свифта  $\text{skew}_s$  (рис. 3 в) и Бара  $\text{skew}_B$  (рис. 3 г) хотя несколько и отличаются друг от друга, но близки по характеру распределения как по простиранию, так и по частоте. Наибольшей неоднородностью отмечается низкочастотный диапазон от 1 до 10 Гц (от 1 до 0.1 с) и центральная часть профиля, а краевые части близки к горизонтально-однородной среде. Все параметры, в основном, имеют величину менее 0.3, что свидетельствует преимущественно о двумерности геоэлектрического разреза. Отдельные зоны, превышающие значение 0.3, соответствуют трехмерным структурам и расположены в основном в центральной части профиля на частотах ниже 10 Гц. Таким образом, интерпретацию кривых АМТЗ можно проводить в рамках одномерной и двумерной модели. На первом этапе была выполнена одномерная интерпретация, а на втором – двумерная.

Одной из крупных геоэлектрических неоднородностей, которая может привести к сильному искажению амплитудных кривых, является наличие границы между высокоомными породами континента и низкоомной морской водой, так называемый береговой эффект. Влияние берегового эффекта сводится к значительному повышению уровня сопротивлений поперечной к береговой линии кривой и слабому понижению уровня продольной к береговой линии кривой при приближении к границе континент-море. Для определения степени влияния берегового эффекта было выполнено численное двумерное моделирование со следующими параметрами геоэлектрического разреза: море глубиной 0.5 км, шириной 135 км, сопротивлением 0.4 Ом·м, с подстилающим его слоем осадков мощностью 0.5 км сопротивлением 10 Ом·м, залегающих на высокоомной земной коре сопротивлением 1000 Ом·м, в основании которой на глубине 33 км располагается проводящий слой мощностью 10 км сопротивлением 100 Ом·м. Расчеты проводились для двух случаев: первый, когда на границе континент-море располагался слой мощностью 1 км сопротивлением 200 Ом·м, и, второй, когда сопротивление этого слоя равнялось 500 Ом·м. Расчеты показали, что влияние берегового эффекта практически полностью отсутствует на обеих кривых на расстоянии 15 км в первом случае и на 25 км во втором на периодах менее 1 с. На расстоянии 5 км от берега начинает проявляться влияние берегового эффекта на

периодах до 0.5 с. Это влияние тем больше, чем выше сопротивление верхнего слоя на континенте.

Таким образом, можно сделать вывод, что амплитудные кривые профиля исследований практически не подвержены влиянию берегового эффекта и могут быть проинтерпретированы без его учета.

## ИНТЕРПРЕТАЦИЯ

До интерпретации был сделан перерасчет кривых АМТЗ в главные направления для получения продольных и поперечных кривых (ТЕ и ТМ моды).

### Одномерная интерпретация

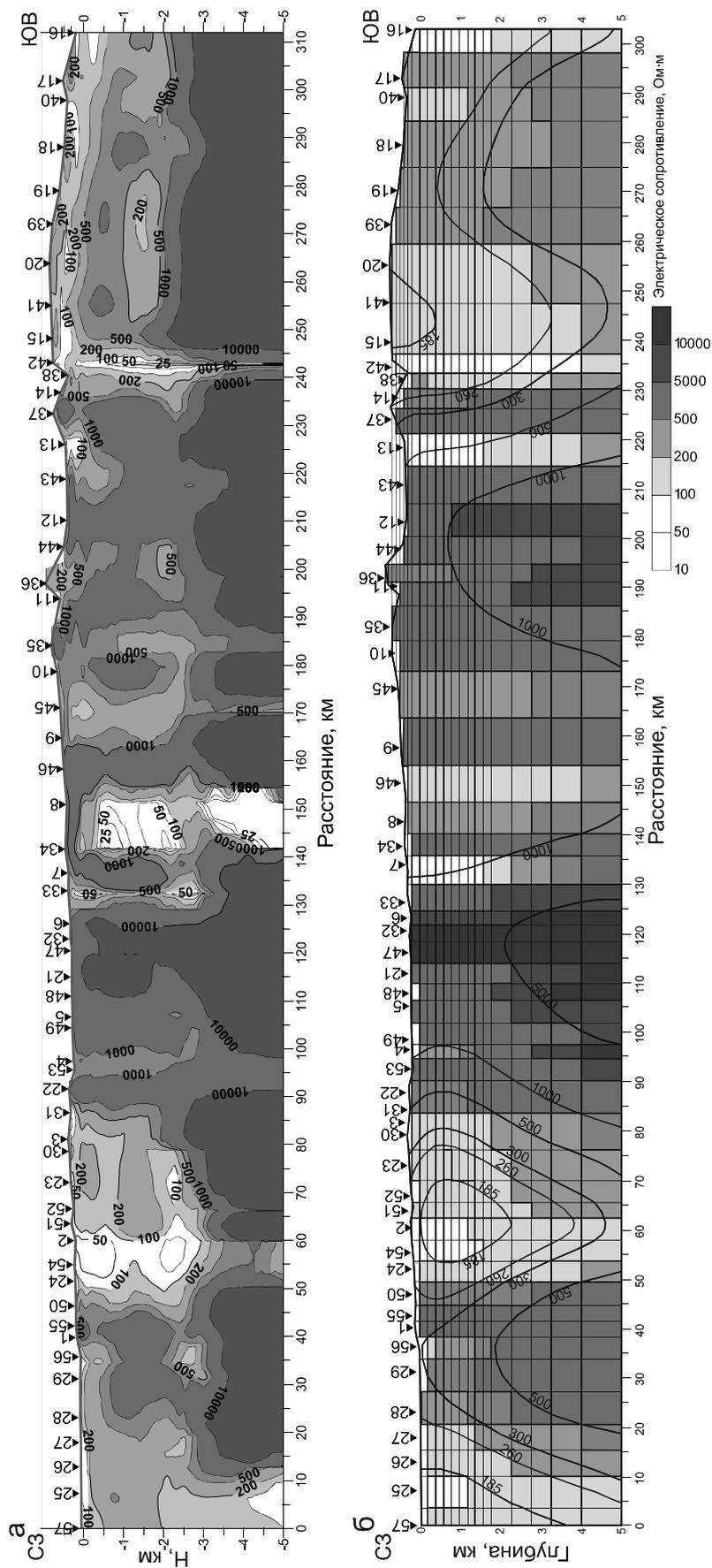
Одномерная интерпретация выполнена программой MTS-Prof INV (ООО «Северо-Запад», г. Москва). Как видно из рис. 2, формы широтной и меридиональной кривых почти половины зондирований близки друг другу, а основные расхождения обеих кривых наблюдаются на периодах свыше 0.1 с. В интерпретации использовались средние кривые каждого пункта зондирования для уменьшения влияния локальных геоэлектрических неоднородностей. Результаты расчетов показаны на рис. 4 а.

Геоэлектрический разрез рассчитывался до глубины 5 км. Амплитудные кривые в основном расположены в диапазоне сопротивлений от 100 до 10 000 Ом·м, и в среднем можно принять сопротивление верхней части геоэлектрического разреза равным 1000 Ом·м. Отсюда, исходя из формулы для расчета глубины проникновения поля

$$H = 500 \times (\rho \times T)^{1/2} \text{ (в метрах),}$$

где:  $\rho$  – электрическое сопротивление, Ом·м;  $T$  – период, с, при электрическом сопротивлении 1000 Ом·м и максимальном периоде 1 с, глубина проникновения поля составит около 15 км. Анализ кривых показал, что на большей части профиля геоэлектрический разрез отличается от одномерного на периодах свыше 0.1 с. Поэтому, при принятии в расчет этого периода, максимальная глубина составит 5 км.

На рис. 4 а видно, что геоэлектрический разрез профиля является в основном высокоомным, строение его неоднородное, слоисто-блоковое. Нижняя часть разреза на глубинах свыше 3 км отмечается повышенными электрическими сопротивлениями свыше 10 000 Ом·м, за исключением его северо-западной части, разделенной вертикальными зонами пониженного сопротивления, прослеживающимися к земной поверхности. Верхняя трехкилометровая часть разреза характеризуется большей неоднородностью, выраженной чередованием зон повышенного и пониженного сопротивлений. Наиболее высокое сопротивление отмечается между пунктами № 48–№ 6, превыша-



**Рис. 4.** Одномерная и двумерная электрические модели профиля с. Троицкое-с. Лидога-п. Ванно.

а – геоэлектрический разрез, построенный по результатам одномерной интерпретации; цифрами обозначены значения электрического сопротивления в Ом·м; б – геоэлектрический разрез, построенный по результатам двумерной интерпретации; изолиниями показано сложенное распределение электрического сопротивления для двумерной модели, в Ом·м.

ющее 10 000 Ом·м. Наиболее низкое сопротивление отмечается между пунктами № 34–№ 8 и № 38–№ 42, где оно понижается до 25–100 Ом·м. Еще одна область пониженных сопротивлений 50–100 Ом·м выделяется между пунктами № 50– № 31. Юго-восточная часть профиля, в отличие от остального разреза, характеризуется субгоризонтальной слоистой структурой. Здесь наблюдается чередование слоев повышенного и пониженного сопротивлений различной мощности.

### Двумерная интерпретация

Двумерная интерпретация выполнена программой [35]. Инверсия магнитотеллурических данных проводилась с использованием ТЕ и ТМ мод амплитудных кривых и их фаз. Результаты инверсии представлены на рис. 4 б.

На двумерной модели видно, что геоэлектрический разрез профиля имеет сложное строение, состоит из четырех блоков повышенного сопротивления, разделенных зонами низкого сопротивления. Центральная часть разреза от пункта № 31 до пункта № 14 имеет более высокое сопротивление, чем примыкающие к ней краевые части. Наиболее высокое сопротивление, превышающее 10 000 Ом·м, как и в случае одномерной интерпретации, наблюдается между пунктами № 48–№ 6. Нижняя часть разреза на глубине свыше 3 км также имеет повышенное сопротивление по сравнению с вышележащей. Общий характер распределения сопротивления близок к результатам одномерной интерпретации. Отмечается лишь некоторое отличие, связанное с зоной низкого сопротивления между пунктами № 34 и № 8. Здесь наблюдается перераспределение проводников по латерали.

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На рис. 5 а показан геологический разрез по профилю исследований, составленный на основе карт М 1:200 000 [6–11], а на рис. 5 б – геоэлектрический разрез до глубины 5 км, полученный в результате одномерной и двумерной интерпретаций данных АМТЗ.

Структурными элементами геологического разреза (рис. 5 а) являются наложенные на САОП Среднеамурский осадочный бассейн и Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс, представленный Совгаванским плато базальтов. Значительную роль в геологическом строении играют глубинные разломы и интрузивные образования. На геологическом разрезе также выделен отдельным элементом Анюйский выступ, дискуссия о происхождении которого ведется многие годы.

Геоэлектрический разрез профиля с. Троицкое–с. Лидога–п. Ванино (рис. 5 б) представляет собой высокоомный блок земной коры с опущенными северо-

ро-западным и юго-восточным флангами, пространственно совпадающими со Среднеамурским осадочным бассейном и Совгаванским плато базальтов, соответственно, имеющими пониженное сопротивление верхних 2–3 км. Исключение составляет крайняя северо-западная часть профиля, где отмечается пониженное электрическое сопротивление в нижней части разреза под Среднеамурским осадочным бассейном. Высокоомный блок, составляющий основу геоэлектрического разреза САОП, разбит на четыре части (блока), границами между которыми являются в основном известные глубинные разломы.

*Первый блок* расположен в северо-западной части профиля от его начала до Центрального Сихотэ-Алинского разлома и пространственно совпадает со Среднеамурским осадочным бассейном. Бассейн характеризуется грабенообразным строением. Согласно геологическим данным [10], вверху залегают четвертичные отложения и породы миоцена, включающие глины, алевролиты, пески с прослоем базальтов кизинской свиты. Мощность этих отложений достигает от 60 до 400 м. Они подстилаются породами мелового возраста, мощностью от 1500 до 5800 м. На поверхность они выходят в районе Гионского и Ходзьял хребтов. Под осадочным чехлом предполагается наличие нескольких разломов, один из которых совпадает с Маноминским глубинным разломом, согласно [14]. На интерпретационной модели нижняя часть разреза Среднеамурского осадочного бассейна, ближе к его центральной части, имеет низкие сопротивления от 50 до 200 Ом·м и перекрыта слоем мощностью до 2 км сопротивлением 200–500 Ом·м. Нелитифицированные породы в верхней части разреза имеют сопротивление 25–100 Ом·м и мощность несколько десятков метров. Средняя величина сопротивления этой части разреза составляет менее 300 Ом·м. Меловые породы, выходящие на поверхность, характеризуются повышенными сопротивлениями от 300 ÷ 500 Ом·м в верхней части разреза до 1000 Ом·м в нижней. Часть разреза, заключенная между Маноминским и Центральным Сихотэ-Алинским разломами, характеризуется аномально низкими значениями сопротивления. Среднее значение сопротивления здесь менее 500 Ом·м. Верхние 3 км имеют низкие сопротивления от 50 до 300 Ом·м подстилаются более высокоомным основанием сопротивлением около 500 Ом·м, прорываемым низкоомным каналом, соединяющимся с верхней областью низких сопротивлений. Положение подводящего канала совпадает с Маноминским разломом. В верхних трех километрах, в той части разреза, которая прилегает к Центральному Сихотэ-Алинскому разлому, выделяется горизонтальное чередование

слоев повышенного и пониженного сопротивлений. На поверхности вся эта область перекрыта неогеновыми базальтами кизинской свиты. Это согласуется с результатами бурения, выявившего горизонтально-слоистое строение неогеновых пород различного состава [10]. Вероятно, что понижение электрического сопротивления горных пород здесь связано с их переработкой в процессе вулканической деятельности. Это может быть отнесено и к северо-западной части разреза, т.к. там по результатам бурения в грабенах обнаружены слои базальтов кизинской свиты. Часть разреза, заключенная между Маноминским и Центральным Сихотэ-Алинским разломами, пространственно совпадает с северной частью Нижнеанюйского грабена, перекрытой неоген-четвертичными базальтами. Мощность осадочного чехла в грабене превышает 1000 м [30]. Данная структура является благоприятной для генерации углеводородов, т.к. здесь толща осадочных пород перекрыта базальтами, являющимися крышкой, а снизу идет поступление тепла и, возможно, газов по разломам.

Неоднозначность интерпретации связана с зоной Центрального Сихотэ-Алинского разлома. Согласно карте разломов [14] и геологической карте М 1:200 000 [11], он расположен в районе пунктов № 31 и № 22. По геологическим данным этот разлом является глубинным. Однако на геоэлектрических разрезах он не выделяется вертикальной зоной низкого сопротивления, как, например, Маноминский разлом. В районе пересечения он представлен серией разрывов, сопровождаемых интрузиями гранитоидов, что, вероятно, и привело к повышению электрического сопротивления. Возможно, в настоящее время зона ЦСАР является областью сжатия, что также могло привести к увеличению электрического сопротивления вследствие уменьшения пористости и влагонасыщенности разломной зоны. Незначительное понижение сопротивления отмечается восточнее по профилю в районе зондирования № 4, которое расположено между двух гранитных интрузий мелового возраста.

*Второй блок* земной коры располагается примерно между ЦСАР и Кабули-Хорским разломами. Он характеризуется высокими электрическими сопротивлениями, превышающими 1000 Ом·м. Наиболее высокие значения сопротивления отмечаются в пределах Анюйского выступа, где они превышают 10 000 Ом·м. На геологических картах М 1:200 000 [8] Анюйский выступ выделен как овальный тектонический блок позднепротерозойского или раннепалеозойского возраста, удлинённый в северо-восточном направлении, сложенный толщами микрокварцитов, филлитов, актинолитовых, слюдяных и кварц-полевошпатовых

сланцев. Видимая мощность толщ составляет более 2000 м. Современные геохимические и Sm-Nd изотопные исследования метаморфических пород Анюйского купола показали, что они близки по составу юрско-раннемеловым осадочным породам Самаркинской аккреционной призмы [19]. Таким образом, высокие значения электрического сопротивления пород Анюйского купола вызваны в основном высокотемпературным метаморфизмом в обстановке пологих тектонических деформаций с преобладающей ориентировкой сжатия с северо-запада на юго-восток [19]. Результаты магнитотеллурических зондирований показывают, что на поверхность выведена лишь незначительная часть высокометаморфизованных пород. Основное ядро Анюйского купола расположено на глубине свыше 3 км. Высокоомное основание геоэлектрического разреза на глубине свыше 3 км вероятно является консолидированным фундаментом юрско-мелового возраста, согласно [34], выходящего на поверхность в районе Анюйского выступа.

*Третий блок* земной коры расположен между Кабули-Хорским разломом и, примерно, р. Аджалами (пункты № 38 и № 42). Он характеризуется неоднородным блоковым строением и повышенным электрическим сопротивлением в среднем 500–1000 Ом·м. Здесь выделяются отдельные блоки с низкими сопротивлениями 50–100 Ом·м и высокими – 5000–10 000 Ом·м. Большинство блоков пониженного сопротивления связано с зонами разломов. Согласно геологическим данным [8], здесь выделяется две зоны складчатости – готеривская и туронская, граница между которыми проходит по Верхнеанюйскому разлому. Геологический разрез между Кабули-Хорским и Верхнеанюйским разломами представлен линейными асимметричными структурами с амплитудой до 5 км с наклоном и запрокидыванием складок в юго-восточном направлении в сочетании с широким развитием продольных взбросов, падающих в основном на северо-запад. Данная структура отчетливо отразилась на геоэлектрических разрезах чередованием блоков повышенного и пониженного электрического сопротивления. Низкими сопротивлениями характеризуются блоки, где зондирования выполнены вблизи взбросов. Наиболее отчетливо это проявлено на геоэлектрическом разрезе между пунктами зондирования № 34 ÷ № 9, которые расположены вдоль Солекульского взброса [8]. Далее на юго-восток происходит погружение фундамента при линейном характере складчатости, но опрокинутые и наклонные структуры уступают место прямым с наиболее широкими крыльями. Эта часть разреза отмечается более спокойным характером изменения электрического сопротивления, а

высокие его значения, вероятно, связаны с гранитоидными интрузиями мелового возраста.

*Четвертый блок* земной коры выделяется в юго-восточной части профиля от пунктов № 38–№ 42 до его окончания (пункт № 16). Этот блок характеризуется более низким средним значением электрического сопротивления по отношению к другим блокам и менее сложным строением. От третьего блока его отделяет четко выраженная вертикальная граница низкого электрического сопротивления, которая вероятно является глубинным разломом, хотя на геологических картах он отсутствует. Возможно, это связано с тем, что далее вся территории закрыта Совгаванским плато базальтов. Этот разлом не является ни Восточно-Сихотэалинским, ни Колумбийским, т.к., согласно карте разломов [14], они проходят восточнее в районе пунктов № 12 и № 13, соответственно. Восточно-Сихотэалинский разлом, согласно полученным результатам, не проявляется на геоэлектрических разрезах. Колумбийский разлом выделяется пониженными сопротивлениями лишь в верхней части разреза и, вероятно, не является глубинным на данной территории. По данным ГСЗ [27, 28] (рис. 5 в) выделяется глубинный разлом, секущий вертикально земную кору, положение которого, примерно 70 км от берега, совпадает с вертикальной границей низкого электрического сопротивления.

Четвертый блок профиля состоит из двух частей: верхней и нижней. В его нижней части на глубинах 2–5 км залегает относительно однородный блок повышенного электрического сопротивления 400–600 Ом·м, перекрытый верхней слоистой толщей пород пониженного и повышенного сопротивлений. Слоистое строение верхней части разреза подтверждается геологическими данными, фиксирующими цикличность излияний базальтов разделенных корами выветривания [6, 7]. На дневной поверхности выделяется слой повышенного сопротивления 200–300 Ом·м мощностью до первых сотен метров, который имеет неоднородное строение и соотносится с неоген-четвертичными базальтами совгаванской свиты. Столь низкие значения электрического сопротивления базальтов вызваны их выветрелостью и влагонасыщенностью. Под ними залегают вулканогенные и осадочные породы – туфы, песчаники, глины и другие, мощностью около 1 км. Глубже, согласно геологическим данным, залегают меловые осадочные породы.

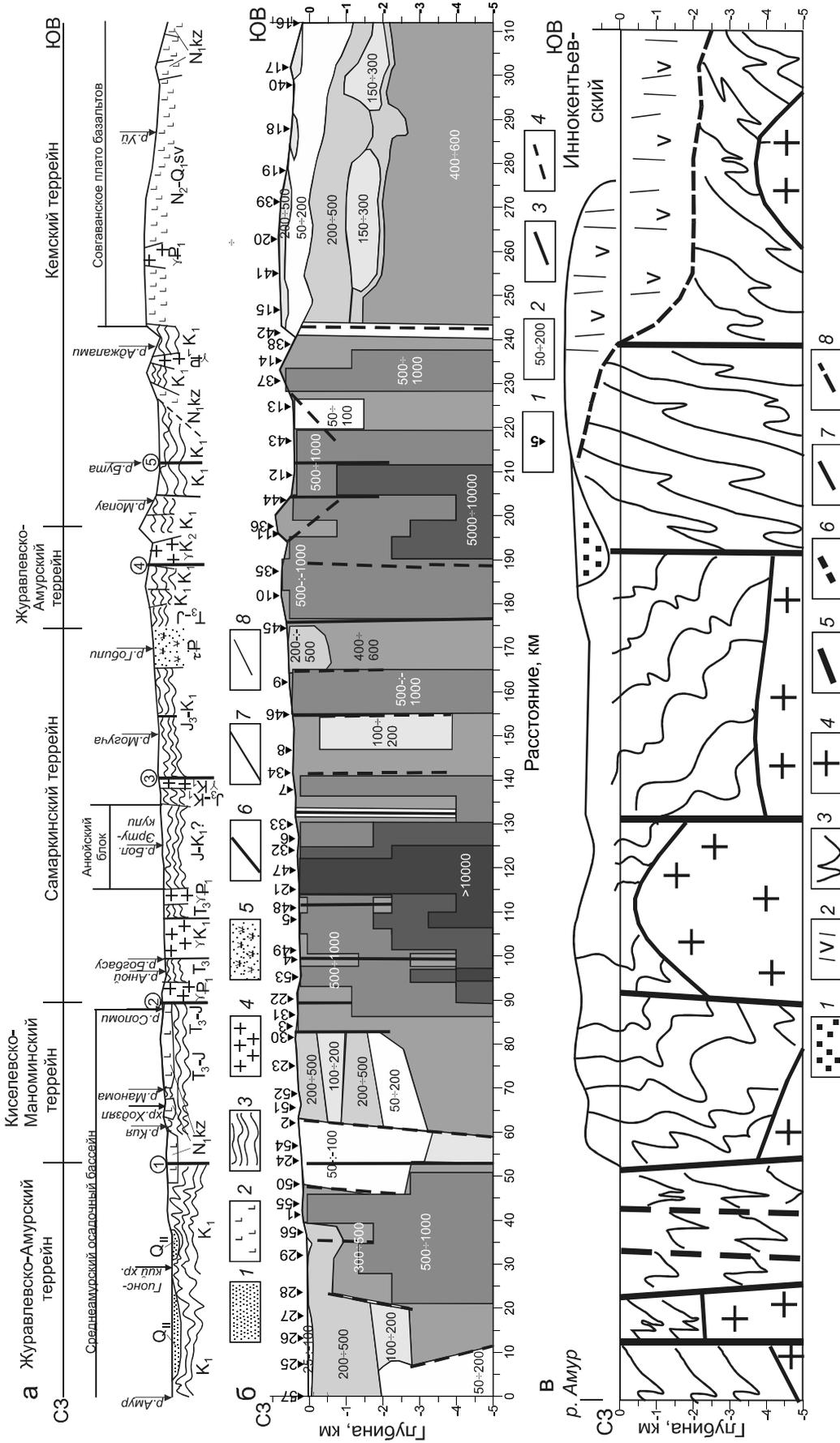
Сопоставление геоэлектрического разреза (рис. 5 б) с сейсмогеологическим разрезом профиля Литовка-Иннокентьевский (рис. 5 в), проходящего параллельно и примерно в пятидесяти километрах южнее [27, 28], показывает их хорошее соответствие

друг другу. На сейсмогеологическом разрезе отмечается погружение «гранитно-метаморфического» слоя в его северо-западной и юго-восточной частях и воздымание к поверхности в центральной части профиля и выделяется четыре блока, границами между которыми являются глубинные разломы. Большинство глубинных разломов, выделенных по данным аудиоманнитотеллурических зондирований, совпадает с разломными зонами, выделенными по данным ГСЗ, в том числе и разлом на границе между *третьим и четвертым блоками* (пункты № 38–№ 42). Согласно геологическим данным [7], излияние эффузивов совгаванской свиты было трещинного типа, и направление потока шло в сторону побережья Татарского пролива. В связи с тем, что на всем протяжении *четвертого блока* не обнаружено других вертикальных неоднородностей, то можно предположить, что разлом, выявленный в районе пунктов № 38–№ 42, и являлся каналом поступления базальтовых магм. По данным АМТЗ и ГСЗ также выделяется слабый наклон кровли подстилающего их основания. В *четвертом блоке* отмечено хорошее совпадение электроразведочной границы, отделяющей верхнюю горизонтально-слоистую толщу от нижнего консолидированного основания с сейсмической границей между вулканогенно-осадочным слоем и складчато-кристаллическим фундаментом.

Сейсмогеологический разрез, соответствующий *третьему блоку*, как и в случае интерпретационной модели, разделен на две части глубинным разломом. Положение этого разлома не совпадает ни с одним из выделенных по данным АМТЗ разломов, ни с выделенными по геологическим данным, что может быть связано с пространственным несовпадением обоих профилей.

На сейсмогеологическом разрезе отчетливо выделяется *второй блок* резким воздыманием к поверхности «гранитно-метаморфического слоя». Этот блок характеризуется наиболее высокими электрическими сопротивлениями свыше 10 000 Ом·м и связывается с толщами высокометаморфизованных пород. Согласно геологическим данным [9], в районе прохождения профиля ГСЗ выделяются крупные их тела с толщами слюдяных сланцев. Таким образом, можно предположить, что зоны высоких электрических сопротивлений будут также прослеживаться в юго-западном направлении как минимум на 50 км.

Наиболее сложное строение имеет северо-западная часть сейсмогеологического разреза, пространственно совпадающая со Среднеамурским осадочным бассейном. Здесь отмечается сильная раздробленность земной коры глубинными разломами



**Рис. 5.** Геологический и геофизические разрезы.

а – геологический разрез верхней части земной коры, построенный с использованием карт масштаба 1:200 000 [6–11], с изменениями: 1 – четвертичные отложения, 2 – базальты:  $N_1kz$  – кизинская свита,  $N_2-Qsv$  – совгаванская свита, 3 – породы складчатого основания различного возраста, 4 – интрузии кислого состава, 5 – вулканические породы щелочного состава, 6 – глубоинные разломы, цифры в кружках: 1 – Маноминский, 2 – Центральный Сихотэ-Алинский, 3 – Кабули-Хорский, 4 – Верхнеамурский, 5 – Восточно-Сихотэ-Алинский, 7 – второстепенные разломы, 8 – прочие границы; 6 – геоэлектрический разрез, построенный по результатам односторонней и двумерной интерпретации: 1 – пункты зондирования и их номера, 2 – значения электрического сопротивления в Ом·м, 3 – разломы, выделенные по геологическим данным, 4 – разломы, выделенные по данным АМТЗ; в – юго-восточная часть сейсмогеологического разреза Литовко-Иннокентьевский до глубины 5 км из работ [27, 28]: 1 – осадки наложенных впадин кайнозойского возраста, 2 – вулканогенно-осадочный слой, 3 – складчато-кристаллический фундамент, 4 – «гранитно-метаморфический слой», 5 – разрывные нарушения по сейсмическим данным, 6 – разрывные нарушения по геологическим данным, 7 – сейсмические границы достоверные, 8 – сейсмические границы предполагаемые.

и вертикальное смещение блоков относительно друг друга, что согласуется с геоэлектрическим разрезом.

Сопоставление геоэлектрического разреза (рис. 5 б) с границами террейнов (рис. 5 а) показывает их существенное несовпадение, особенно в юго-восточной части. Согласно рис. 5 б, Журавлевско-Амурский и Киселевско-Маноминский террейны входят в *первый блок*. Самаркинский террейн охватывает *второй блок и часть третьего* вплоть до Верхнеанюйского разлома. Граница между *вторым и третьим блоками* определена по Кабули-Хорскому разлому как граница наиболее высокоомной части разреза и может быть спорной, т.к. разрез между Кабули-Хорским и Верхнеанюйским разломами имеет сложное строение и характеризуется чередованием блоков повышенного и пониженного электрического сопротивления. Однако границы юго-восточной части Журавлевско-Амурского террейна и особенно северо-западная граница Кемского террейна плохо согласуются с геоэлектрическим разрезом. Подобное несоответствие может быть связано с различиями поверхностного и глубинного геологического строения, вызванными латеральными перемещениями отдельных горизонтов верхней части земной коры.

### ВЫВОДЫ

Результаты аудиоманнитотеллурических исследований вкрест простирания Сихотэ-Алинского орогенного пояса показали следующее.

1. САОП представляет собой высокоомную структуру с центральной частью, выходящей на поверхность, и опущенными северо-западным и юго-восточным блоками более низкого электрического сопротивления, отделенными от центральной части глубинными разломами. Высокоомное основание геоэлектрического разреза на глубине свыше 3 км вероятно является консолидированным фундаментом юрско-мелового возраста, выходящего на поверхность в районе Анюйского выступа.

2. Геоэлектрический разрез САОП имеет сложное слоисто-блоковое строение. Границами между блоками являются глубинные разломы.

3. Высокоомная центральная часть имеет сложное строение и делится на два блока Кабули-Хорским разломом. Западнее от разлома выделяется область наиболее высоких сопротивлений, соответствующая на поверхности Анюйскому блоку высокометаморфизованных пород, ядро которого располагается на глубине свыше 3 км. Между Кабули-Хорским и Верхнеанюйским разломами разрез характеризуется сильной раздробленностью с чередованием блоков повышенного и пониженного электрического сопротивления.

Далее на юго-восток почти до Совгаванского плато базальтов разрез имеет более однородное строение.

4. Наложённый на САОП Среднеамурский осадочный бассейн характеризуется слоисто-блоковым, строением верхней трехкилометровой толщи. Оно осложнено глубинным Маноминским разломом, характеризующимся широкой, около 5 км, вертикальной зоной низких сопротивлений 50–100 Ом·м. Здесь выявлена структура, благоприятная для генерации углеводородов, пространственно совпадающая с северной частью Нижнеанюйского грабена. В крайней северо-западной части разреза, от его основания до глубины 2 км, выделяется зона низких электрических сопротивлений, природа которой пока неясна.

5. Юго-восточная часть САОП, перекрытая наложенным на него Восточно-Сихотэ-Алинским вулканическим поясом, представленным Совгаванским плато базальтов, имеет слоистое строение 2-х километровой верхней части, с чередованием слоев повышенного и пониженного сопротивлений, наклоненных в сторону береговой линии и залегающих на высокоомном, относительно однородном основании.

6. Глубинные разломы выделяются на геоэлектрических разрезах вертикальными зонами низкого сопротивления. Наиболее отчетливо проявился Маноминский разлом, характеризующийся широкой зоной низкого сопротивления, секущей разрез на всю его мощность. Центральный Сихотэ-Алинский разлом выделяется широкой зоной вертикальных неоднородностей повышенного и пониженного сопротивления лишь в верхней части геоэлектрического разреза. Не нашел своего отражения на геоэлектрических разрезах Восточно-Сихотэ-Алинский разлом. Выделена узкая зона пониженного электрического сопротивления на границе с Совгаванским плато базальтов, которая трактуется как глубинный разлом, по которому происходило излияние базальтов.

7. Выявлено хорошее соответствие структуры геоэлектрического и сейсмогеологического разрезов. Подтверждено слоисто-блоковое строение верхней части земной коры и расположение разломных зон вдоль профиля исследований.

8. Выявлено существенное несовпадение выделенных границ блоков верхней части земной коры с границами террейнов, особенно в юго-восточной части профиля, что связывается с различиями поверхностного и глубинного геологического строения вызванного латеральными перемещениями отдельных горизонтов верхней части земной коры.

Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН №15-I-2-068.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М.: Науч. мир, 2009. 680 с.
- Варнавский В.Г. Палеогеновые и неогеновые отложения Средне-Амурской впадины. М.: Наука, 1971. 160 с.
- Варнавский В.Г., Малышев Ю.Ф. Восточно-Азиатский грабенный пояс // Тихоокеан. геология. 1986. № 3. С. 3–13.
- Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России: в 2 кн. / Под ред. А.М. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1 С. 1–572.
- Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. 1:2 500 000: Объясн. зап. СПб.–Благовещенск–Харбин, 1999. 135 с.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-54-XXVII. М.: Госгеолтехиздат, 1957.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-54-XXVI. Главное управление геодезии и картографии. М.: Мин-тво геологии СССР, 1966.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-54-XXV. Всесоюз. аэрогеол. научно-производственное объединение «Аэрогеология», М.: Мин-тво геологии СССР, 1975.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-53-XXX. Л.: ВСЕГЕИ; Мин-тво геологии СССР, 1985.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-53-XXIII. Л.: ВСЕГЕИ; Мин-тво геологии СССР, 1986.
- Геологическая карта СССР. 1:200 000. Серия Сихотэ-Алинская. М-53-XXIV. Л.: ВСЕГЕИ, Мин-тво геологии СССР, 1986.
- Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т.8. Восток СССР / Ред. Л.И. Красный, В.К. Путинцев. Л.: Недра, 1984. 560 с.
- Голозубов В.В. Тектоника юрских и нижнемеловых комплексов северо-западного обрамления Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2006. 239 с.
- Забродин В.Ю., Рыбас О.В., Гильманова Г.З. Разломная тектоника материковой части Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2015. 132 с.
- Каплун В.Б., Григорица Т.В. Результаты магнитотеллурических зондирований в Средне-Амурской впадине // Тихоокеан. геология. 1989. № 6. С. 109–111.
- Каплун В.Б. Предварительные результаты глубинных магнитотеллурических зондирований по профилю п. Облучье-оз. Гасси (Хабаровский край) // Тихоокеан. геология. 1998. Т. 17, № 2. С. 122–135.
- Каплун В.Б. Геоэлектрическая модель литосферы Комсомольского и Баджалского рудных районов по данным МТЗ // Тихоокеан. геология. 2004. Т. 23, № 6. С. 84–93.
- Каплун В.Б. Геоэлектрический разрез литосферы центральной части Среднеамурского осадочного бассейна по данным магнитотеллурических зондирований (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2009. Т. 28, № 2. С. 86–98.
- Крук Н.Н., Симаненко В.П., Голозубов В.В., Ковач В.П., Владимиров В.Г., Касаткин С.А. Геохимические особенности пород Анюйского метаморфического купола (Сихотэ-Алинь): состав протолитов и возможная природа метаморфизма // Геохимия. 2014. № 3. С. 249–266.
- Кузнецов В.Е. Признаки современной геодинамической активности северной периферии Амурской литосферной пластины (по данным МОВЗ) // Проблемы геодинамики и прогноза землетрясений. I Российско-Японский семинар, Хабаровск, 26-29 сентября 2000 г. / Под ред. Ф.Г. Корчагина. Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН, 2001. С. 40–49.
- Никифоров В.М., Пальшин Н.А., Старжинский С.С., Кузнецов В.А. Численное моделирование трехмерного берегового эффекта в Приморье // Физика Земли. 2004. № 8. С. 56–69.
- Никифоров В.М., Дмитриев И.В., Старжинский С.С. Глубинная геоэлектрическая структура и сейсмичность Приморья (Дальний Восток) // Тихоокеан. геология. 2006. Т. 25, № 4. С. 18–25.
- Никифоров В.М., Дмитриев И.В., Шкабарня Г.Н. Геоэлектрическая структура тектоносферы на юге Дальнего Востока: связь с тектоникой, металлогенией, нефтегазоносностью // Тектоника, магматизм и геодинамика Востока Азии: VII Косыгинские чтения: Материалы Всерос. конф., 12–15 сентября 2011 г., г. Хабаровск / Отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов, Хабаровск: ИТиГ им Ю.А., Косыгина ДВО РАН, 2011. С. 289–293.
- Никифорова Н.Н., Ахмадулин В.А., Порай-Кошиц А.М., Светов Б.С., Спивак В.А., Хализов А.А., Харин Е.П. Глубинные магнитотеллурические исследования в Хабаровском крае // Глубинные электромагнитные зондирования Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 42–49.
- Николаев В.В., Врублевский А.А., Ахмадулин В.А., Кузнецов В.Е. Геодинамика и сейсмическое районирование материковой части Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 2000. 90 с.
- Поспеев А.В. Электропроводность земной коры и мантии по профилю Чара-Ванино // Тихоокеан. геология. 1987. № 6. С. 109–113.
- Потапьев С.В. Авиасейсмические исследования земной коры М.: Наука, 1977. 170 с.
- Потапьев С.В. Соотношение поверхностной и глубинной структуры земной коры Приамурья и Приморья // Глубинное строение литосферы Дальневосточного региона (по геофизическим данным). Владивосток, 1980. С. 43–53.
- Салун С.А. Тектоника и история развития Сихотэ-Алинской складчатой системы. М.: Недра, 1978. 183 с.
- Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы / Отв. ред. Г.Л.Кириллова. Владивосток: ДВО РАН, 2009. 424 с. (Серия «Осадочные бассейны Востока России» / Гл. ред. А.И. Ханчук. Т. 3).
- Талтыкин Ю.В. К вопросу о глубинной электропроводности Комсомольско-Баджалского района // Геофизические исследования геологических структур Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 130–133.
- Тектоническая природа геофизических полей Дальнего Востока. М.: Наука, 1984. 200 с.
- Уткин В.П. Сдвиговый структурный парагенезис и его роль в континентальном рифтогенезе восточной окраины Азии // Тихоокеан. геология. 2013. Т. 32, № 3. С. 21–43.
- Ханчук А.И., Крук Н.Н., Голозубов В.В., Ковач В.П., Се-

ров П.А., Холоднов В.В., Гвоздев В.И., Касаткин С.А. Природа континентальной коры Сихотэ-Алиня (по данным изотопного состава Nd в породах Южного Приморья) // Докл. АН. 2013. Т. 451, № 4. С. 441–445.

algorithm for 2-D magnetotelluric inversion // Geophysics. 2001. V. 66. P. 174–187.

35. Rodi W.L., Mackie R.L. Nonlinear conjugate gradients

*Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем*

***V.B. Kaplun***

**The upper crustal structure along the profile Troitskoye - Lidoga – Vanino (North Sikhote-Alin) from AMT sounding data**

The paper reports on the results of AMT (Audio Magnetotelluric) soundings carried out along the profile Troitskoye - Lidoga – Vanino in the North Sikhote-Alin area. The amplitude curves are analyzed, the one- and two-dimensional interpretations are made and the geoelectrical section down to 5 km depth is constructed and its geological interpretation is given.

***Key words:* audio magnetotelluric soundings, geoelectrical section, Earth's crust, Sikhote-Alin orogenic belt.**