

проведение детальных поисков сульфидных медно-никелевых месторождений и полиметаллических свинцово-цинковых руд;

выделение аномалий, благоприятных на обнаружение кимберлитовых трубок (в комплексе с другими геофизическими методами);

изучение внутреннего строения рудоконтролирующих тектонических зон и прослеживание рудо локализирующих нарушений;

выявление угленосных пластов;

картирование погребенных палеодолин с целью прогнозирования россыпных месторождений;

выявление погребенных кор выветривания и связанных с ними залежей полезных ископаемых;

изучение геологического строения верхней части разреза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Трусов А.А., Попович В.В. Низкочастотная индуктивная аэроэлектроразведочная система EM-4H в самолетном и вертолетном вариантах // Приборы и системы разведочной геофизики. — 2010. — № 2. — С. 49–52.

2. Волковицкий А.К., Каршаков Е.В., Мойлайнен Е.В. Использование синфазной компоненты отклика для низкочастотной аэроэлектроразведки системы EM-4H // Зап. Горн. ин-та. — 2009. — Т. 183. — С. 224–227.

3. Павлов Б.В., Волковицкий А.К., Каршаков Е.В. Низкочастотная электромагнитная система относительной навигации и ориентации / XVI Санкт-Петербургская междунар. конф. по интегрированным навигационным системам. — СПб., 2009 — С. 40–51.

4. Петров С.И., Новак В.Д., Тихомиров О.Д. Аэроэлектроразведка методом ДИП // Разведка и охрана недр. — 2006. — № 4. — С. 38–42.

5. Cox L.H., Wilson G.A., Zhdanov M.S. 3D inversion of airborne electromagnetic data using a moving footprint // Exploration Geophysics. — 2010. — V. 41. — P. 250–259.

6. Fraser D.C. Resistivity mapping with an airborne multicoil electromagnetic system // Geophysics. — 1978. — V. 43. — P. 144–172.

7. Peltoniemi M. Depth of penetration of frequency-domain airborne electromagnetics in resistive terrains // Exploration Geophysics. — 1998. — V. 29. — P. 12–15.

8. Sengpiel K.-P. Approximate inversion of airborne EM data from a multilayered ground // Geophysical Prospecting. — 1988. — V. 36. — P. 446–459.

9. Sengpiel K.-P., Siemon B. Advanced inversion methods for airborne electromagnetic exploration // Geophysics. — 2000. — V. 65. — N 6. — P. 1983–1992.

10. Zhdanov M.S. Geophysical Electromagnetic Theory and Methods. — Elsevier, 2009.

АЭРОГЕОФИЗИКА ПРИ РЕШЕНИИ ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫХ ЗАДАЧ

УДК 550.8.055

© Буш В.А., 2011

Буш В.А.

СТРОЕНИЕ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФУНДАМЕНТА ЮЖНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОГО КРАТОНА (КАМОВСКИЙ И НЕПСКИЙ СВОДЫ)

Комплексные аэрогеофизические съемки, проведенные ГНПП «Аэрогеофизика», позволили получить материалы, впервые раскрывшие строение дорифейского фундамента в полосе от Байкитской до Непско-Ботуобинской антеклиз Сибирского кратона. Выделены и откартированы ультраметаморфические, метаморфические и супракrustальные вещественно-петрофизические комплексы архея и нижнего протерозоя, а также магматические интрузивные комплексы архейского и раннепротерозойского возраста. Установлено, что зона Байкало-Таймырского линеймента представляет собой результат столкновения Тунгусского и Маганского мегаблоков и сформирована пакетом тектонических пластин с участием многочисленных тектонических отторженцев. Показано купольное строение Тунгусского мегаблока, свидетельствующее о его гранулит-гнейсовой природе. Расшифровано сложное тектоническое строение южной части Маганского мегаблока. **Ключевые слова:** кристаллический фундамент, Тунгусский и Маганский блоки, Байкало-Таймырский линеймент, метаморфические купола, шарьяжи, Чадобецкий купол.

Integrated airborne geophysical surveys conducted by Aero-geophysical Scientific and Production Enterprise

*CJSC aided in obtaining materials, which for the first time revealed the structure of the pre-Riphean basement in the band from the Baykitsk antecline to the Nepsko-Botouobinsk antecline of the Siberian craton. Highlights and plots the ultrametamorphic, metamorphic and supracrustal compositional and petrophysical complexes of the Archean and the Lower Proterozoic and also igneous intrusive complexes of the Archean and Early Proterozoic Age. It is established that the area of the Baikalo-Taimyrsk lineament is a result of early Proterozoic collision of the Tunguska and Magan mega-blocks, complicated by large-scale left-shifting displacements and formed by a system of tectonic plates with several tectonic xenoliths. Demonstrates the domed structure of the Tunguska mega-block indicating its granulite-gneiss nature. Deciphers the tectonic structure of the southern part of the Magan mega-block. **Key words:** crystal basement, Tunguska and Magan blocks, lineament, metamorphic height, metamorphic dome.*

Проведенные в 2006–2008 гг. высокоточные аэрогеофизические съемки (магнитные и гамма-спектрометрические масштаба 1:50 000, гравиметрические масштаба 1:100 000) в зоне, прилегающей к строящемуся нефтепроводу «Восточная Сибирь — Тихий океан» (рис. 1), позволили получить материалы, впервые раскрывшие внутреннее строение дорифейского метаморфического фундамента Сибирского кратона в полосе от Камовского до Непского сводов. Изложению этих новых данных и посвящена настоящая статья.

При составлении карты строения верхней части кристаллического фундамента был использован комплексный методический подход, основанный на геоло-

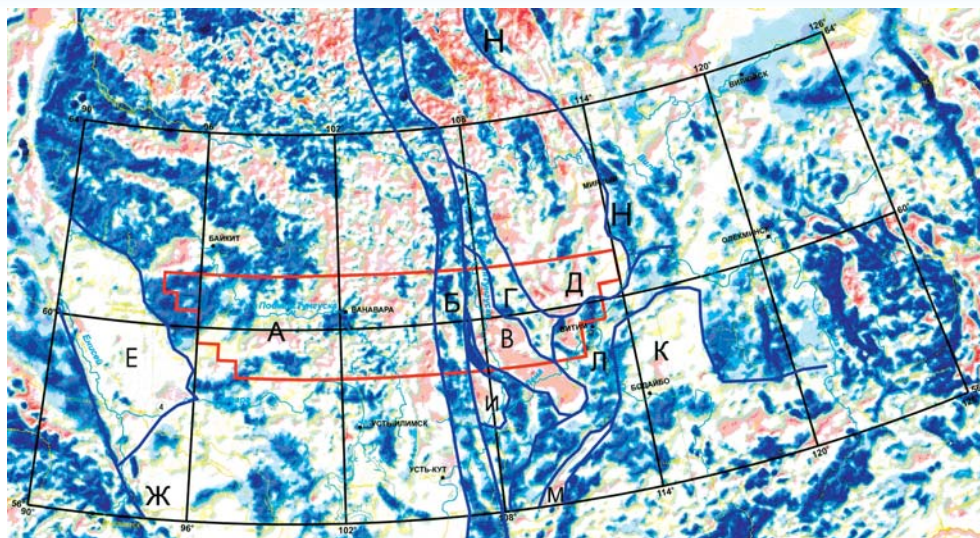


Рис. 1. Районирование регионального аномального магнитного поля юга Сибирского кратона и прилегающих территорий [3]. Структурные элементы: А — Тунгусский мегаблок; Б — зона Байкало-Таймырского линейamenta; В — Ербогаченский блок; Г — Чонская зона; Д — Мирненский блок; Л — Нюйско-Джербинская зона. Важнейшие структурные элементы прилегающих территорий: Е — Енисейский край; Ж — Канский блок; И — «Приленский» блок; К — Байкало-Патомская зона; М — Аkitканская зона; Н — Котуйканская зона

гической интерпретации данных магнито- и гравиметрических аэросъемок [1, 2].

Природа и состав вещественно-петрофизических комплексов (ВПК) фундамента устанавливались нами с определенной долей условности на основе их корреляции: а) с данными единичных глубоких скважин, вскрывающих образования дорифейского фундамента; б) с литературными геологическими данными по прилегающим обнаженным районам, позволяющим судить о реальном петрографическом составе, степени метаморфизма и абсолютном геологическом возрасте выделенных ВПК и, наконец, в) со стандартными параметрами физических свойств горных пород различного состава. Геологический возраст выделенных ВПК вследствие скудности и малой достоверности прямых данных (преимущественно К-Аг метод) оценивался нами на основании литературных источников и по имеющимся геологическим картам масштаба 1:1 000 000.

При обработке материалов использовались технологии ROMGAS и REIST, а также технология двумерной классификации пространственно распределенных данных CLASS2 из пакета СИГМА-3D. Исходными материалами для геологической интерпретации послужили: а) двумерная гистограмма распределения эффективной плотности и намагниченности образований фундамента (рис. 2) и б) построенная на ее основе карта петрофизических классов пород кристаллического фундамента. Таким образом и была построена карта геологического строения образований (ВПК), вскрывающихся на эрозионно-тектонической поверхности дорифейского кристаллического фундамента (рис. 3).

Здесь же следует отметить, что в параметрах, приводимых ниже при описании различных ВПК, присутствуют отрицательные величины эффективной намагниченности. Это не должно вызывать недоумений, поскольку значения параметра эффективной намагниченности в данном случае

выражаются в отклонениях его от средней величины для всего района, значение которого неизвестно. Параметр эффективной плотности ВПК **условно (!)** пересчитан исходя из среднего его значения для кристаллического фундамента кратонов, равного $2,65 \text{ г/см}^3$. Оригинальный масштаб карты 1:1 000 000, но здесь она приводится в разгруженном, уменьшенном и упрощенном виде (рис. 3). Разрывные нарушения внутри кристаллического фундамента легко выделяются на карте классификации петрофизических свойств по прямолинейным или несогласным полого изгибающимся границам между петрофизическими классами и аналогичным границам между наблюдаемыми аномалиями магнитного и гравитационно-

го полей, а также по картам распределения намагниченности и плотности, которые были подвергнуты различным типам пространственной фильтрации.

Карта ВПК дорифейского кристаллического фундамента, выходящих к его поверхности, свидетельствует, что строение этого фундамента резко неоднородно. Из характера регионального магнитного поля района аэрогеофизических съемок и прилегающих частей Сибирского кратона (рис. 1), отражающего в основном структуру кристаллического фундамента, можно заключить, что территория съемок четко разделяется на

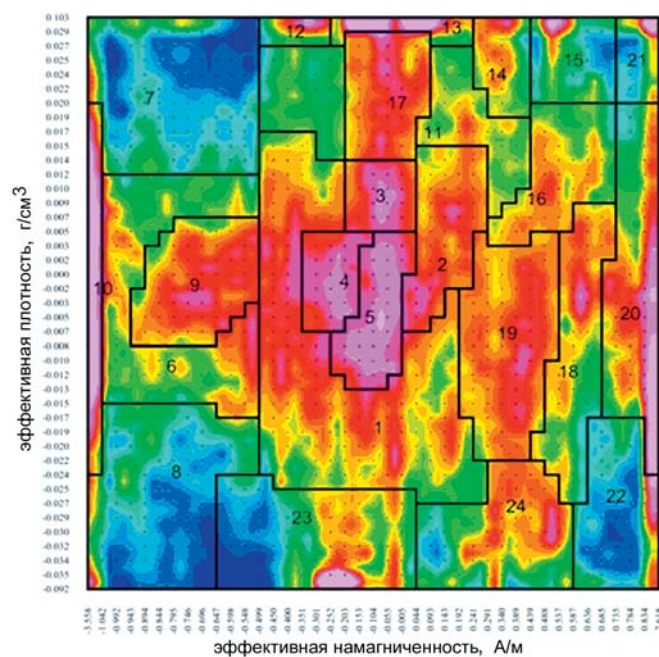


Рис. 2. Двухмерная гистограмма распределения эффективной плотности и намагниченности образований фундамента

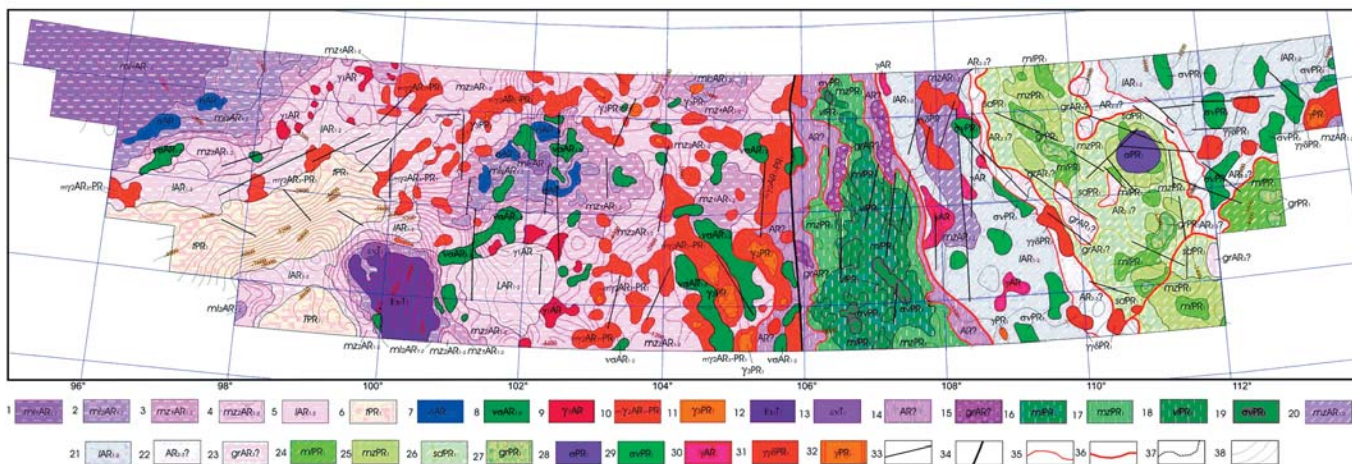


Рис. 3. Геологическое строение верхней части кристаллического фундамента. 1 — 13 — **Тунгусский мегаблок**: нижний — средний архей: 1 — 2 — меланократовая серия, нижняя (1) и верхняя (2) части; 3 — 4 — мезократовая серия, нижняя (3) и верхняя (4) части; 5 — лейкократовая серия; нижний протерозой: 6 — тейская серия; архейские плутонические образования: 7 — интрузия ультраосновного — основного состава, 8 — интрузия основного состава, 9 — гранитоиды; позднеархейские — раннепротерозойские интрузии: 10 — позднеархейские мигматиты и граниты, 11 — раннепротерозойские граниты и аляскиты; раннетриасовые интрузии габброидов: 12 — щелочные, 13 — субщелочные. 14 — 19 — **зона Байкало-Таймырского линеамента**: 14 — архейские образования нерасчлененные, 15 — тела гранулитов; нижний протерозой: 16 — 18 — соответственно меланократовая, мезократовая и вулканогенная серии; 19 — ультраосновные — основные интрузии. 20 — 32 — **Маганский мегаблок**: архей: 20 — мезократовая серия; 21 — лейкократовая серия; 22 — средне-верхнеархейские образования нерасчлененные; 23 — тела гранулитов; нижний протерозой: 24 — 26 — соответственно меланократовая, мезократовая и метаосадочная серии; 27 — отторженцы гранулитов; интрузивные образования: 28 — раннепротерозойские дуниты, 29 — раннепротерозойские интрузии основного состава, 30 — архейские гранитоиды, 31 — раннепротерозойские гранодиориты и граниты, 32 — раннепротерозойские аляскиты. 33 — 36 — **разрывные нарушения**: 33 — разрывы неопределенной кинематики, 34 — граничный сдвиг, 35 — надвиги, 36 — граничные надвиги. 37 — структурные линии (границы между классами ВПК); 38 — стратоизогипсы кровли кристаллического фундамента

две резко различные по своему строению части: западную и восточную, разделенные зоной Байкало-Таймырского линеамента. Сопоставление с наиболее надежными современными тектоническими построениями [4, 5, 6] показывает, что фундамент западной половины района съемок представляет собой часть Тунгусского мегаблока (или террейна), а фундамент восточной его половины — краевую часть Маганского мегаблока (террейна). Оба этих мегаблока разделены меридионально простирающейся зоной Байкало-Таймырского линеамента, образующей пограничную коллизионную структуру.

Тунгусский мегаблок характеризуется крупными положительными и отрицательными, обладающими расплывчатыми субизометричными очертаниями магнитными аномалиями, связанными со строением кристаллического фундамента, и наложенными на них высокочастотными мелкими аномалиями, расположенными беспорядочно и обусловленными триасовым трапповым магматизмом Тунгусской синеклизы. Дорифейский фундамент этого мегаблока вскрыт отдельными буровыми скважинами, и его разрез традиционно сопоставляется с разрезами Канского блока (рис. 1) и Шарыгайского аллохтонного блока Западного Саяна.

Маганский мегаблок имеет принципиально отличный характер аномального магнитного поля. Здесь пространственно совмещаются относительно обширные «блоки» с отрицательными магнитными аномалиями, разделенные узкими протяженными линейными зонами положительных магнитных аномалий. На исследованной территории Маганского мегаблока по характеру

аномального магнитного поля можно выделить с запада на восток следующие структурные элементы фундамента: Ербогаченский блок, Чонскую зону и Мирненский блок (рис. 1). Возможно, что на эту территорию заходит своим северным окончанием еще один блок, условно названный нами Приленским, но идентифицировать его по материалам наших аэрогеофизических съемок не удалось. Фундамент Мирненского блока относительно хорошо изучен буровыми скважинами и обычно сопоставляется с Анабарским массивом.

Разделяющая мегаблоки относительно широкая зона Байкало-Таймырского линеамента (рис. 1) четко выделяется положительными линейными магнитными аномалиями, среди которых заключены мелкие блоки с отрицательными аномалиями. Прямых данных о строении фундамента этой зоны не имеется. Однако возможны сопоставления ее с аналогичной по особенностям магнитного поля раннепротерозойской мобильной Котуйканской зоной, формирующей восточное ограничение Мирненского блока (рис. 1) и изученной на поверхности на Анабарском щите.

Вещественно-петрофизические комплексы кристаллического фундамента

Тунгусский мегаблок в целом, так же как и его поверхность, сложен преимущественно архейскими метаморфическими и плутоническими образованиями. Значительную роль в его составе играют также раннепротерозойские интрузии преимущественно кислого состава.

Метаморфические ВПК. Фундамент Байкитской антеклизы представлен высокоплотными и сильно намаг-

ниченными ВПК, петрофизические характеристики которых можно видеть на рис. 2. На меридиональных глубинных разрезах эффективной намагниченности, построенных по технологии DVOP (рис. 4), хорошо видно, что границы между различными намагнитенными ВПК наклонены в южном направлении, обрисовывая антиформную структуру. Мы параллелизуем эти образования с ниже-среднеархейской кузеевской серией Канского блока Тунгусского мегаблока и аллохтонной Шарыжалгайской зоны Западного Саяна, представленной преимущественно гиперстеновыми и двупироксеновыми гнейсами, плагиогнейсами и кристаллическими сланцами по вулканитам основного, реже среднего состава (имеется определение абсолютного возраста 4100 млн. лет — эоархей?), и выделяем их в качестве *меланократовой гранулит-базитовой серии mlAR₁₋₂*.

Кристаллический фундамент в области Байкитской антеклизы вскрыт лишь редкими скважинами, не дающими достаточно ясного представления о слагающих его образованиях. Нет даже полной уверенности, что поднятый из буровых скважин керн «кристаллических сланцев и гнейсов» действительно представляет фундамент, а не «промежуточный» рифейский комплекс. Так, биотит-плагиоклазовые серицитизированные гнейсы, кристаллические сланцы и граниты в скв. БК-1 и УК-1 (совместное вскрытие столь разнородных образований в одной скважине вызывает обоснованные сомнения!) имеют малодостоверные определения (К-Аг метод) возраста: 1556, 1489, 1450, 1448, 1420, 1236, 1226 и 824 млн. лет — рифейские. Единственные сколько-нибудь надежные (Rb-Sr метод) значения возраста получены для гранитов в скважинах Юрубченского поднятия (2377 ± 22 млн. лет) и в скв. Енг-154 (2510 млн. лет).

С помощью карты классификации ВПК в меланократовой серии можно выделить и откартировать ее

наиболее глубокие слои (ml_1AR_{1-2}), занимающие свод Байкитской антиформы. Залегающие выше части меланократовой архейской серии (ml_2AR_{1-2}) характеризуются несколько меньшей плотностью, но более высокой намагниченностью; они развиты в виде широкой полосы на юго-восточном крыле антиформы. Граница между этими двумя ВПК, скорее всего, носит псевдостратиграфический характер и легко выделяется по карте классификации. Аномально высокой для меланократовой серии плотностью отличаются отдельные мелкие тела, видимо, сложенные гранулитами кислого состава; они выделяются в нижних частях серии (на рис. 3 не показаны).

Меланократовая серия нижнего-среднего архея выявлена также и во второй антиформной структуре, расположенной в районе пос. Ванавара. В ее ядре на небольшой площади вскрываются наиболее низкие части серии, а основную часть антиформы слагают образования классов 19 и 21. Антиформная структура наиболее четко выступает на широтных глубинных разрезах эффективной намагниченности (рис. 5) и с не меньшей ясностью видна и на меридиональных разрезах (рис. 6).

На крыльях Чадобецкого поднятия поверхность фундамента сложена верхними частями меланократовой серии нижнего-среднего архея. Ядро его замещено обширной интрузией щелочных ультрабазитов ранне-триасового чадобецкого комплекса и выделению не поддается, хотя не исключено, что оно сложено породами меланократовой серии архея, не отличимыми по своим петрофизическим свойствам от пород чадобецкого комплекса (класс 22).

Крылья охарактеризованных выше антиформных структур слагают архейские метаморфиты со средней для района плотностью и средней намагниченностью (классы с 8 по 12) — *мезократовая серия архея mzAR₁₋₂*. Эти образования можно параллелизовать с атамановской серией Канского блока, сложенной гранат-двупироксеновыми, гранат-силлиманит-кордиеритовыми, гранат-биотитовыми плагиогнейсами преимущественно по высокоглиноземистым терригенным образованиям. Карта классификации петрофизических свойств пород фундамента позволяет выделить в составе этой серии ее нижнюю (mz_1AR_{1-2}) и верхнюю (mz_2AR_{1-2}) части, сложенные соответственно менее и более намагнитенными образованиями. Вскрытий этих пород буровыми скважинами не известно. Кроме крыльев Байкитской, Чадобецкой и Ванаварской антиформных структур, мезократовая серия архея слагает поверхность кристаллического фундамента и на остальной части Тунгусского мегаблока, за исключением разделяющей их депрессии — Огоньской синформы.

Огоньская синформа протягивается вдоль юго-восточной границы Камовского свода, занимает всю юго-восточную половину и разделяет описанные выше Байкитскую и Чадобецкую антиформы (на ее осевую часть наложен рифейский Иркинеевско-Чадобецкий рифт). Синформное строение этой структуры четко устанавливается на меридиональных глубинных разрезах эффективной намагниченности (рис. 4). Синформу слагают наиболее высокие части разреза архейских об-

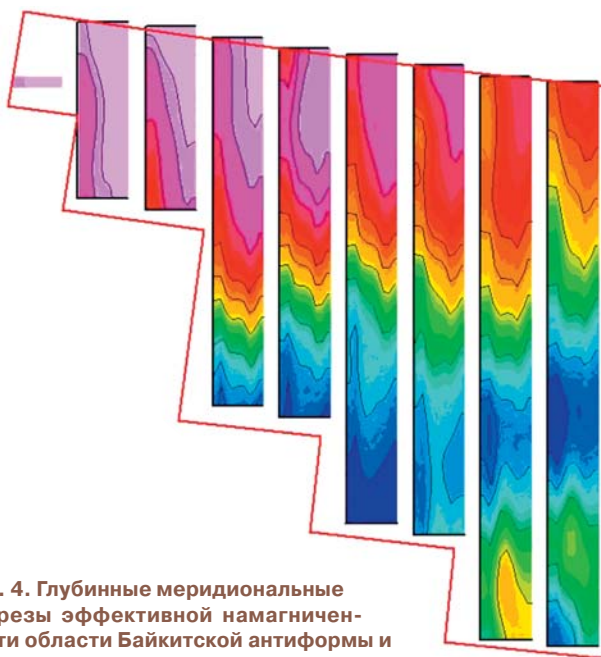


Рис. 4. Глубинные меридиональные разрезы эффективной намагниченности области Байкитской антиформы и Огоньской синформы. Интервал глубин от 2 (левый край каждого разреза) до 20 км. Черными линиями показаны наиболее информативные изолинии

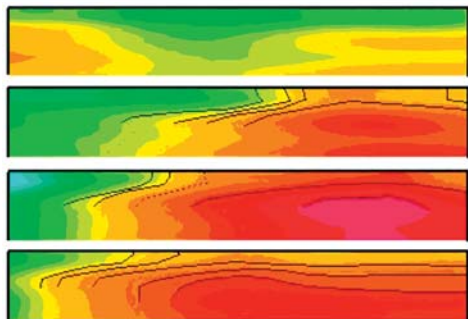


Рис. 5. Глубинные широтные разрезы эффективной намагниченности области Ванаварской антиформы

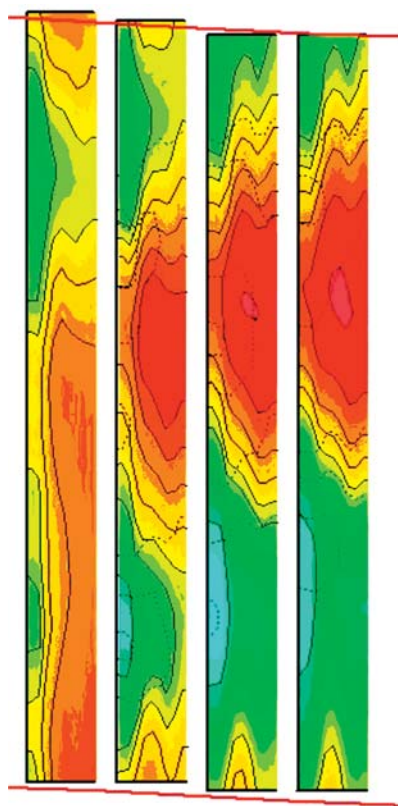


Рис. 6. Глубинные меридиональные разрезы эффективной намагниченности области Ванаварской антиформы

разований, обособляемые нами в качестве *лейкократовой серии архея* lAR_{1-2} . Они отличаются низкими значениями эффективной плотности и намагниченности и могут быть параллелизованы с плагиигнайсами, гнейсами и мигматитами немтихинского серогнейсового комплекса Канского блока, содержащего гранит-мигматитовые купола с возрастом 2500–2900 млн. лет. Возраст общего регионального (частично ретроградного?) метаморфизма архейских комплексов [4] определяется там в 2730–2550 млн. лет.

В ядре Огоньской синформы обособляются также наименее плотные и наименее намагниченные образования кристаллического фундамента. Их плотность изменяется от 2,40 до 2,50 г/см³, намагниченность от –3,500 до –1,050 А/м (класс 1). Можно предполагать, что они

отвечают тейской серии нижнего протерозоя (tPR_1), выделяющейся местами под рифейскими отложениями Камовского свода на сейсмопрофиле «Батолит» (СБ-1) и известной в выходах на прилегающей территории Енисейского кряжа. Там она сложена двуслюдяными и амфиболовыми кристаллическими сланцами, амфиболитами, мраморами, кварцитами, диабазовыми и андезитовыми порфиридами. Ее возраст 1750–1650 млн. лет, скорее всего, более молодой, чем плутонических пород Тунгусского мегаблока. Судя по низкой намагниченности ВПК класса 1, магматические породы в составе этих образований, вероятно, отсутствуют.

Плутонические ВПК. Магматические образования разнообразного состава и возраста широко распространены в пределах Тунгусского мегаблока. В качестве рабочих критериев их выделения нами приняты плановые очертания выходов этих ВПК на поверхность фундамента. Если метаморфические ВПК слагают большие территории и их выходы определяются размещением синформных и антиформных структур, охарактеризованных выше, то магматические ВПК формируют в плане ограниченные в пространстве массивы округлой или удлиненной формы, не связанные прямо с тектоническими структурами. На вертикальных глубинных разрезах DVOP плутонические породы за редкими исключениями не обособляются. Состав массивов определяется с помощью карты классификации петрофизических свойств и общепринятых петрофизических характеристик плутонических пород, а относительный возраст — по несогласному перекрытию стратифицированными ВПК.

Среди интрузий *основного–ультраосновного состава* наибольшими плотностями (>3,00 г/см³) отличаются предполагаемые интрузии дунитов, норитов и перидотитов (классы 17, 18 и 24, σAR_{1-2}). Намагниченность их невысокая (–0,20 ÷ –0,50 А/м), что можно объяснить их существенной серпентинизацией. Возможно, они представляют собой аналоги кимбирского комплекса Канского блока и Шарыжалгайской зоны Западного Саяна. Все выходы этих пород расположены в пределах распространения меланократовой серии нижнего — среднего архея. Заметно более намагниченными являются интрузии пироксенитов (класс 20) и более широко распространенных габбро-пироксенитов и габбро-диоритов (классы 5, 6 и 7 — аналоги таракского комплекса) $\nu \sigma AR_{1-2}$. Их плотность колеблется от 2,45 до 2,85 г/см³, а намагниченность — от –0,200 до +0,540 А/м. Эти породы в основном располагаются внутри образований мезократовой серии архея.

Интрузии кислого состава развиты в Тунгусском блоке преимущественно в пределах распространения мезо- и лейкократовой серий нижнего–среднего архея. В меланократовой серии они не встречаются (особенно показательно их отсутствие в пределах Ванаварской антиформы). Среди них удалось выделить три комплекса. Первый из них (класс 3) распространен преимущественно в верхах мезократовой серии и перекрывается со срезанием его подошвой лейкократовой серии нижнего–среднего архея. Ранние архейские гранитоиды индексированы на карте $\gamma_1 AR$ и, скорее всего, представлены мигматит-плагиигранитами, мигматит-гранитами и

плагиигранитами. Вышеупомянутые надежные (Rb-Sr метод) определения возраста гранитов в скважинах Юрубченского поднятия и в скв. Енг-154 дают возможность индексировать этот комплекс поздним археем.

Второй гранитоидный комплекс (классы 11 и 12), судя по имеющимся данным, сложен гранитами, гранодиоритами и мигматит-гранитами. Он индексирован нами как $m\gamma_2AR_3-PR_1$ и широко распространен на территории Тунгусского мегаблока. Этот комплекс сечет породы лейкократовой серии архея, но с несогласием перекрывается тейской серией. Ряд скважин на территории Камовского свода вскрыли в фундаменте гнейсограниты и сопровождающие их пегматиты, гнейсовидные гранодиориты и диориты, биотитовые, часто лейкократовые граниты. Большинство исследователей считается, что эти гранитоиды имеют возраст 1800–1900 млн. лет и относятся к раннему протерозою.

В ядрах этих массивов часто обособляются тела еще менее плотных и слабо намагниченных пород (классы 12 и 23), которые, судя по их петрофизическим свойствам, скорее всего, представлены более молодыми (γ_3PR_1) лейкократовыми гранитами и аляскитами.

В соответствии с результатами составления карты петрофизической классификации тейская серия tPR_1 имеет более молодой возраст (1750–1650 млн. лет) и перекрывает второй комплекс гранитоидов с несогласием (разрывом). Обособления лейкократовых гранитов и аляскитов третьего гранитоидного комплекса γ_3PR_1 , скорее всего, имеют все еще раннепротерозойский возраст, но более древний, чем тейская серия.

Зона Байкало-Таймырского линеамента. Эту зону слагают преимущественно более намагниченные и менее плотные, чем в Тунгусском мегаблоке, породы, характеризующиеся в общих чертах линейной, видимо, покровной многоярусной структурой (рис. 7) меридионального простирания. Априорных данных об их составе и возрасте не существует, и геологическая интерпретация данных аэрогеофизических съемок осуществляется нами исключительно по аналогиям с прилегающими Тунгусским и Маганским мегаблоками, а также с учетом общего сходства этой зоны с Котуйканской зоной Анабарского щита [4, 5].

Метаморфические ВПК. Наименьшей намагниченностью в зоне Байкало-Таймырского линеамента обладают образования, формирующие периферические части зоны и, по данным глубинных разрезов DVOP (рис. 7), находящиеся в аллохтонном залегании как на восточном фланге Тунгусского мегаблока, так и на образованиях внутренних частей рассматриваемой зоны. Им свойственна относительно высокая эффективная плотность и средняя намагниченность (классы 10 и 14). По петрофизическим характеристикам они ближе всего к мезократовой серии нижнего–среднего архея Тунгусского мегаблока, но, учитывая расположение их в автономной структуре, мы предпочитаем относить их к *мезократовой серии нерасчлененного архея* $mzAR$. Отдельными телами в составе этой серии выделяются образования резко повышенной ($>3,00 \text{ г/см}^3$) эффективной плотности и намагниченности (от +0,440 до +1,200 А/м) — классы 30, 31 и 32. По этим показателям можно заключить, что они соответствуют телам грану-

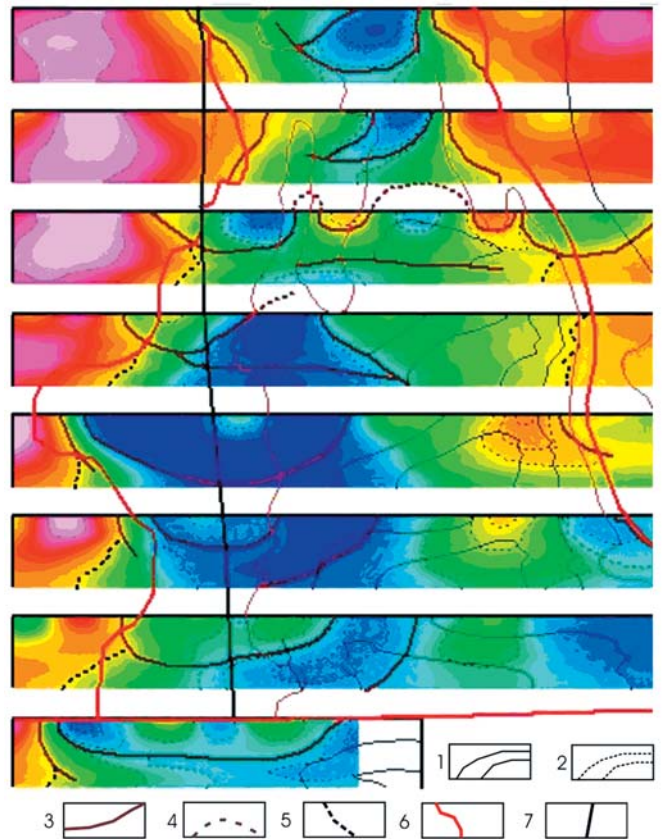


Рис. 7. Глубинные широтные разрезы эффективной намагниченности зоны Байкало-Таймырского линеамента. 1 — 2 — наиболее информативные изолинии эффективной намагниченности (1) и эффективной плотности (2); 3 — поверхности надвигов; 4 — воздушные линии надвигов; 5 — ограничения автохтонов Тунгусского и Маганского мегаблоков; 6 — проекция планового расположения надвиговых структур; 7 — проекция расположения краевого сдвига Байкало-Таймырской зоны

литов основного состава ($grAR$), которые, судя по резким отличиям от плотности и намагниченности вмещающих пород, скорее всего, представляют собой тектонические отторженцы, столь характерные для Котуйканской зоны на Анабарском щите.

Центральную часть зоны Байкало-Таймырского линеамента слагают преимущественно высоко намагниченные образования средней и несколько выше средней эффективной плотности, обладающие весьма сложной и еще не до конца ясной структурой. Основываясь на аналогиях зоны линеамента с Котуйканской зоной, можно предположить, что эти образования имеют раннепротерозойский возраст. По петрофизическим показателям среди них можно выделить мелано- и мезократовую серии (скорее всего, представляющие собой отдельные тектонические пластины с неоднозначными тектоно-стратиграфическими взаимоотношениями) и наиболее плотные и высоко намагниченные плутонические тела, располагающиеся внутри обеих серий.

Меланократовая серия $mIPR_1$ сложена породами классов 17 и 18, обладающими высокой плотностью и намагниченностью. Исходя из этого можно предположить, что ее представляют преимущественно метавулканы

среднего и основного состава, аповулканогенные, реже апотерригенные сланцы. Меньшей плотностью и намагниченностью обладают породы *мезократовой серии* $mzPR_1$, которая, скорее всего, сложена слюдястыми сланцами и метаморфизованными в зеленосланцевой фации туфами и вулканитами среднего — основного состава. Наиболее плотные ($2,73 - 2,85 \text{ г/см}^3$) и намагниченные (от $+0,550$ до $+0,800 \text{ А/м}$) тела класса 18, вероятно, представляют собой амфиболиты по вулканитам основного состава vPR_1 . Они располагаются преимущественно в породах меланократовой серии нижнего протерозоя, вытягиваясь субсогласно с простиранием ее структур, но встречаются и в составе мезократовой серии.

Плутонические ВПК. Подавляющее большинство магматических тел в зоне Байкало-Таймырского линейamenta размещается в толщах нижнепротерозойских образований. Они представлены интрузиями дунитов и пироксенитов $svPR_1$, выделяющимися как породы класса 22. Их эффективная плотность достигает $2,80 \text{ г/см}^3$, намагниченность высокая. Небольшая интрузия в северной части зоны трактуется нами как тело габбро и диоритов $v\delta PR_1$, характеризующееся средней намагниченностью — класс 6.

Маганский мегаблок (рис. 1) разделяется на ряд относительно автономных тектонических зон, характеризующихся специфическим составом и возрастом формирующих их образований. Две такие зоны (Ербогаченский и Мирненский блоки) сложены низко намагниченными и несколько более плотными образованиями, а две другие (Чонская и Нюйско-Джербинская тектонические зоны) — высоко намагниченными и менее плотными образованиями, имеющими в целом линейную структуру.

В соответствии с современными представлениями, опирающимися на данные бурения по более северным частям Мирненского блока, можно принять, что слабо намагниченные и высокоплотные образования Ербогаченского и Мирненского блоков являются преимущественно архейскими, а разделяющие их линейные тектонические зоны, согласно предложенным О.М. Розеном и др. [4, 5, 6] аналогиям с Котуйканской зоной Анабарского щита, сложены высоко намагниченными преимущественно нижнепротерозойскими образованиями. Следует подчеркнуть, что согласно глубинным вертикальным разрезам эффективной плотности и намагниченности DVOP контакты между архейскими блоками и Чонской тектонической зоной являются тектоническими с надвижением архейских блоков на раннепротерозойскую зону. Тектонические взаимоотношения Нюйско-Джербинской тектонической зоны с прилегающими к ней Чонской тектонической зоной и Мирненским блоком остаются пока не совсем ясными.

Метаморфические ВПК. В соответствии с изложенным в пределах Маганского мегаблока нами выделены условно нижне-среднеархейские и средне-верхнеархейские метаморфические образования, нижнепротерозойские метаморфические и супракрустальные образования, архейские и раннепротерозойские интрузии различного состава.

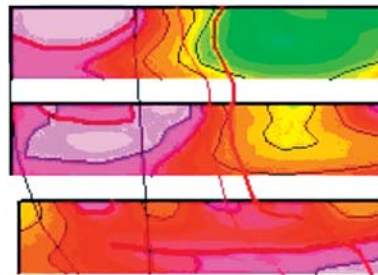


Рис. 8. Глубинные широтные разрезы эффективной намагниченности северной части Ербогаченского блока и его границы с Чонской зоной. Усл. обозначения см. на рис. 7

Нижне-среднеархейские образования по петрофизическим и структурным признакам разделены на мезо- и лейкократовую серии. *Мезократовая серия* $mzAR_{1-2}$ развита в центральной части Ербогаченского блока. Ей соответствуют петрофизические классы 9, 10 и 11. Эту серию можно параллелизовать с верхнеанабарской серией Анабарского щита, сложенной плагиогнейсами и гиперстеновыми гнейсами. Не совсем ясно положение этой серии в разрезе Ербогаченского блока: она выходит на поверхность кристаллического фундамента в центральной части блока, обрамлена грабенообразными разломами, и ниже нее, по глубинным разрезам DVOP (рис. 8, западная часть), видимо, залегают породы лейкократовой серии. Все это свидетельствует о более высоком структурном положении мезократовой серии, но не исключена возможность, что она формирует аллохтон и характеризуется более глубоким страиграфическим положением, подобно мезократовой серии архея Тунгусского мегаблока.

Лейкократовая серия нижнего—среднего архея lAR_{1-2} распространена в периферических частях Ербогаченского блока и слагает основную часть Мирненского блока в пределах территории аэрогеофизических съемок. Согласно разрезам DVOP (рис. 7), лейкократовая серия Ербогаченского блока по надвигам полого надвинута на запад, на краевую часть зоны Байкало-Таймырского линейamenta, и более круто — на восток, на Чонскую тектоническую зону. Ее представляют породы классов 2, 3 и 4, резко выделяющиеся своей минимальной намагниченностью и низкой плотностью. Направивается параллелизация этой серии с верхне-ламуйской серией Анабарского щита, представленной амфиболовыми и биотитовыми гнейсами, кварцитами и мраморами.

Вдоль границ Ербогаченского и Мирненского блоков с прилегающими раннепротерозойскими тектоническими зонами выделяются полосы, сложенные образованиями класса 14, отличающиеся промежуточными для архея Маганского мегаблока значениями эффективных петрофизических параметров и пограничным между нижним—средним археем и нижним протерозоем пространственным расположением. Эти образования условно отнесены нами к *среднему—верхнему архею* ($AR_{2-3}?$). Аналогами их может быть вюрбургская серия Анабарского щита, представленная метаграувакками, туфами и вулканитами преимущественно среднего состава. Эти же образования отмечаются в виде отдельных

изолированных тел среди нижнепротерозойских толщ Чонской тектонической зоны, занимающих, как это видно на разрезах DVOP, аллохтонное положение. Среди средне-верхнеархейских образований выделяются породы классов 5, 30 и 31, имеющие очень высокую (до $3,1 \text{ г/см}^3$) эффективную плотность и среднюю, до высокой, намагниченность. Мы интерпретируем их как тектонические отторженцы *гранулитов* ($grAR_{2-3}$?).

Нижнепротерозойские образования расчленены нами по особенностям состава на меланократовую, мезократовую и метаосадочную серии. *Меланократовая серия* mPR_1 отмечена на карте классификации классами 17 и 18. Свойственная этим ВПК эффективная плотность изменяется от $2,95$ до $3,00 \text{ г/см}^3$, намагниченность — от $+0,485$ до $+0,585 \text{ А/м}$. Скорее всего, это амфиболиты по вулканитам преимущественно основного состава. *Мезократовая серия* $mzPR_1$ представлена граувакками и амфиболитами по вулканитам преимущественно среднего состава, на что указывает их заметно меньшая плотность (класс 21) и намагниченность. Взаимоотношения между этими двумя сериями неоднозначны, и весьма вероятно, что их разделение обусловлено составом горных пород, а не их стратиграфическим положением. *Метаосадочная серия* $sdPR_1$ занимает самое высокое тектоно-стратиграфическое положение и ассоциируется с породами класса 19. Видимо, она представлена метапесчаниками и сланцами различного состава. Наконец, среди пород мелано- и мезократовой серий нижнего протерозоя (в некоторых случаях они встречаются и в метаосадочной серии) отмечаются породы класса 32 с плотностью до $3,00 \text{ г/см}^3$, которые, скорее всего, представляют собой тектонические отторженцы *гранулитов* $grPR_1$. Раннепротерозойский их возраст условен, так как на самом деле они могут представлять собой отторженцы архейских образований.

Плутонические ВПК. Магматические ВПК Маганского блока расчленены нами на архейские (позднеархейские?) и раннепротерозойские интрузии исключительно в соответствии с возрастом образований, в которых они залегают.

Архейские интрузии плагиигранитов γAR установлены только в пределах распространения лейкократовой серии нижнего-среднего архея Ербогаченского блока. Их представляют образования классов 7 и 8.

Наиболее распространены в Маганском мегаблоке раннепротерозойские интрузии. Среди них выделяется интрузия дунитов σPR_1 , занимающая значительную часть Пеледуйского поднятия и очень четко выраженная в остаточном магнитном поле. Ее представляют образования классов 22 и 33 с эффективной плотностью до $2,82 \text{ г/см}^3$ и высокой намагниченностью. Достаточно многочисленны здесь и интрузии основного состава σvPR_1 . Интрузии раннепротерозойских гранитов и гранодиоритов $\gamma \delta PR_1$ тяготеют в основном к лейкократовой серии архея, но встречаются и в раннепротерозойских тектонических зонах. Подобно Тунгусскому мегаблоку, в ядрах таких массивов часто обособляются тела лейкократовых гранитов и аляскитов γPR_1 . Они встречаются лишь в Мирненском блоке.

Фанерозойские магматические ВПК внутри кристаллического фундамента. Как уже упоминалось, в геологическом пространстве ниже главной магнитоактивной поверхности размещается целый ряд ВПК, не имеющих прямых связей с внутренней структурой дорифейского кристаллического фундамента, но, наоборот, тесно связанных с размещающимися внутри осадочного чехла раннетриасовыми магматическими телами. Ряд из них связан с распространением траппового магматизма Тунгусской синеклизы и здесь не рассматривается (с рис. 3 они сняты), а другие — со щелочно-базитовыми интрузиями чадобецкого комплекса.

Чадобецкий щелочно-базитовый комплекс четко отражается в виде резкой положительной аномалии в наблюдаемом магнитном поле, хорошо совпадающей с контуром Чадобецкого поднятия на дневной поверхности. Расчет альтитуд верхней кромки аномалообразующего тела показал величины от -7700 и до -2300 м в его экстремумах (напомним, что мелкие тела магматитов чадобецкого комплекса проникают вплоть до современной дневной поверхности). На карте эффективной намагниченности пород фундамента ниже главной магнитоактивной поверхности, рассчитанной по остаточному аномальному полю, аномалия от Чадобецкой интрузии заметно смещена в юго-восточном направлении и протягивается почти до южной границы территории съемок. Аналогичным образом она проявляется на карте петрофизической классификации, соответствуя в основном распространению пород класса 22 с экстремальной намагниченностью от $+1,85$ до $+3,50 \text{ А/м}$ и с эффективной плотностью от $2,50$ до $2,75 \text{ г/см}^3$.

Глубинные вертикальные разрезы эффективной намагниченности DVOP (рис. 9) показывают, что основное тело Чадобецкой интрузии размещается внутри фундамента значительно юго-восточнее Чадобецкого поднятия и постепенно воздымается в северо-западном направлении вплоть до отметок около -2 км . Условная корреляция с обнаженными на поверхности проявлениями щелочно-основного триасового плутонизма позволила выделить в составе внедрений чадобецкого комплекса более намагниченные (от $+0,750$ до $+2,500 \text{ А/м}$) и менее намагниченные (от $+0,240$ до $+0,635 \text{ А/м}$) тела, которые предположительно интерпретируются нами как мелилит-нефелиновые и пироксеновые слюдистые перидотиты EuT_1 (первый тип) и альнеиты и мельтейгиты evT_1 (второй тип). Необходимо еще раз отметить, что по петрофизическим свойствам интрузия

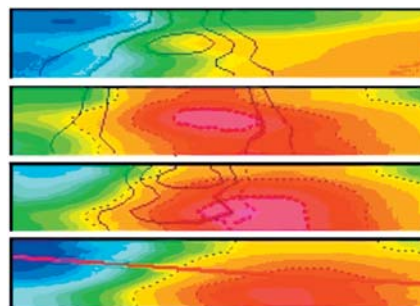


Рис. 9. Глубинные широтные разрезы эффективной намагниченности Чадобецкой интрузии. Усл. обозначения см. на рис. 7

чадобецкого комплекса аналогична меланократовой гранулитовой серии нижнего—среднего архея Тунгусского мегаблока и вследствие этого возможно их ошибочное отождествление.

Заключение. Данные аэрогеофизических съемок позволили впервые с достаточной детальностью раскрыть строение кристаллического фундамента Байкинской и Непско-Ботубинской антеклиз Сибирского кратона. Полученные данные хорошо коррелируют с результатами исследований геологии кристаллического фундамента последних лет [4, 5, 6]. Из числа принципиально новых данных, полученных при геологической интерпретации материалов съемок, можно остановиться на следующем:

1. В составе дорифейского кристаллического фундамента впервые выделены и откартированы ультраметаморфические (гранулиты основного и кислого состава), метаморфические и супракрустальные ВПК архея и нижнего протерозоя, а также магматические интрузивные комплексы архейского и раннепротерозойского возраста. Установлено, что большинство интрузивных комплексов близки по составу вмещающим их метаморфическим комплексам и, по всей видимости, представляют собой результат ремобилизации и магматической сегрегации материала вмещающих пород.

2. Раскрыто крупномасштабное купольное строение Тунгусского мегаблока, свидетельствующее о его гранулит-гнейсовой, а не гранит-зеленокаменной, как это считалось ранее, природе (это, по меньшей мере, свойственно южной части мегаблока). Здесь сочетаются крупные метаморфические купола («антиформы», сложенные ультраметаморфическими фациями) и располагающиеся между ними остаточные депрессии («синформы»), где распространены метаморфиты амфиболитовых фаций (серогнейсовый мигматизированный комплекс), и депрессии, заполненные раннепротерозойским осадочным проточехлом (тейская серия).

3. Установлено, что зона Байкало-Таймырского линеамента представляет собой результат раннепротерозойского столкновения Тунгусского и Маганского мегаблоков и имеет сложную структуру. Она сформирована пакетом тектонических пластин с участием многочисленных тектонических отторженцев и осложнена крупномасштабными, по всей видимости, левосторонними сдвиговыми перемещениями. Мощный ареал кислого интрузивного магматизма позднеархейского и раннепротерозойского возраста, который отмечается в восточной части Тунгусского мегаблока, прилегающей к зоне Байкало-Таймырского линеамента, легко объясняется предположением о существовании наклоненной к западу позднеархейско-раннепротерозойской зоны субдукции и сопровождающей ее активной окраины, по которой сближались и впоследствии столкнулись Тунгусский и Маганский мегаблоки. Внутреннее строение этой зоны ранее раскрыть не удалось даже при исследовании опорного геолого-геофизического профиля «Батолит» (СБ-1).

4. Впервые расшифровано сложное тектоническое строение южной части Маганского мегаблока. Здесь удалось выделить составляющие его разнородные структурные элементы: остаточные архейские тектони-

ческие блоки (Ербогаченский и Мирненский) и разделяющую их раннепротерозойскую Чонскую мобильную тектоническую зону. Последняя, видимо, близка по характеру к зоне Байкало-Таймырского линеамента и включает в своем строении покровные тектонические структуры и чужеродные гранулитовые блоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Буш В.А. и др. Методология картирования внутренней структуры фундамента Восточно-Европейской платформы по гравимагнитным данным / Геофизика XXI века — прорыв в будущее: Докл. междунар. геофиз. конф. — М.: SEG, 2003.
2. Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Буш В.А. и др. Интерпретация аэрогеофизических данных при геологическом картировании и изучении глубинного строения территорий // Разведка и охрана недр. — 2006. — № 5. — С. 8–13.
3. Карта аномального магнитного поля России. М-б 1:5 000 000. — М., 2004.
4. Розен О.М., Серенко В.П., Специус З.В. и др. Тектоника Якутской кимберлитовой провинции: особенности состава коры и литосферной мантии, вопросы эволюции / Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. — Воронеж, 2003. — С. 332–338.
5. Розен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. — 2003. — № 3. — С. 1–19.
6. Розен О.М., Манаков А.В., Зинчук Н.Н. Сибирский кратон: формирование, алмазность. — М.: Научный мир, 2006.

УДК 550.83:553.98

© Лёвин Ф.Д., 2011

Лёвин Ф.Д.

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ СЪЕМОК ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ КОМПЛЕКТОВ УГЛЕВОДОРОДОВ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕНО-ТУНГУССКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

*Проведена комплексная съемка в пределах Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. В результате анализа материалов АГС-съемки, а также априорных данных выделены области питания и разгрузки глубинных подземных вод, а из карт остаточного гравитационного поля путем их математической обработки получена карта степени дислоцированности осадочного чехла. Выявлено, что большая часть месторождений УВ, расположенных в пределах областей питания, приурочена к территориям с пониженной степенью дислоцированности осадочного чехла, а большая часть месторождений УВ, расположенных в пределах областей разгрузки, приурочена к территориям с повышенной степенью дислоцированности осадочного чехла. Выделены площади, потенциально перспективные на УВ. **Ключевые слова:** Непско-Ботубинская антеклиза, аэрогравиметрическая съемка, нефтегазоносность, прогнозирование углеводородов.*

Integrated (airborne gravity, airborne magnetism, airborne gamma-ray spectrometry) surveys conducted within the Leno-Tunguska oil and gas bearing province. Following analysis of data from an airborne gamma-ray spectrometry survey and also a priori data source and discharge areas of deep groundwater are highlighted and from maps of the residual gravity field through their mathematical processing a map of the degree of dislocation of the sedimentary cover is obtained. It is identified that most hydrocarbon fields located within the source areas are confined to zones with a reduced level of sedimentary cover