

Неоднородности земной коры Алдано-Станового щита по профилю 3-ДВ (Восточная Сибирь, Россия)

В. В. Стогний, Г. А. Стогний, 2021

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»,
Краснодар, Россия
Поступила 4 февраля 2021 г.

Профиль 3-ДВ (Сковородино—Томмот) пересекает в субширотном направлении Становой и Алданский мегаблоки Алдано-Станового щита. Для изучения базовых элементов разреза земной коры по профилю 3-ДВ использована методика выявления региональных неоднородностей литосферы по результатам анализа сейсмических и гравиметрических материалов с последующей типизацией их природы. По данным МОВ—ОГТ в верхней части разреза (до глубины 35 км) Алданского мегаблока выделены Якокутская и Чульманская неоднородности, а Станового мегаблока — Каларо-Джугджурская неоднородность. Якокутской и Чульманской сейсмическим неоднородностям в гравитационном поле соответствуют минимумы амплитудой до 25 мГал. Гравитационное поле Каларо-Джугджурской неоднородности мозаичное и отражает ее блоковую структуру.

Показано, что глубинное строение Алданского мегаблока в пределах области профиля 3-ДВ определяют Якокутский гранитогнейсовый купол и Чульманская латеральная зона разуплотнения, а верхняя часть (0—25 км) Станового мегаблока представлена Каларо-Джугджурской структурой, сложенной породами станового комплекса и блоками высокоградных гранулитов. Существенное (до 10 км) увеличение мощности земной коры Алданского мегаблока объясняется наличием сформированной в палеопротерозое ювенильной коры верхнего слоя в результате регионального метаморфизма магматических пород. Земная кора Станового мегаблока практически на всю мощность (до 40 км) тектонически перестроена в процессе мезозойской коллизии докембрийских Северо-Азиатского и Сино-Корейского кратонов.

Якокутский гранитогнейсовый купол, в соответствии с предложенной моделью строения земной коры Алданского мегаблока, является рудоконтролирующей структурой Центрально-Алданского золотоносного района, а высокоградные гранулиты Зверевского блока Каларо-Джугджурской неоднородности Станового мегаблока служили источником золота Чако-Беркакитского россыпного узла.

Ключевые слова: Алданский мегаблок, Становой мегаблок, гравитационное поле, земная кора, сейсмические неоднородности, геолого-геофизическая модель, гранитогнейсовый купол, зона разуплотнения.

Введение. По профилю 3-ДВ (Сковородино—Томмот) в 2008—2010 гг. был выполнен комплекс геофизических исследований (сейсмические наблюдения ОГТ, КМПВ, ГСЗ и электроразведка методом МТЗ). Профиль 3-ДВ с севера на юг пересекает Алданский, Становой и Селенга-Становой мегаблоки Алдано-Станового щита (рис. 1) и проходит по трассе Амуро-Якутской магистрали, совпадая с опорным

профилем МОВЗ (Сковородино—Улу), пройденным в 1970-х гг. [Булин и др., 1972].

В период 2013—2018 гг. были опубликованы результаты интерпретации полученных материалов по профилю 3-ДВ в работах [Рудницкая и др., 2013; Диденко и др., 2013; Гошко и др., 2014; Хераскова и др., 2018]. Геолого-геофизические разрезы земной коры Алдано-Станового щита из данных работ (с упрощением) приведены на рис. 2.

При построении геолого-геофизической модели земной коры Алдано-Станового щита по профилю 3-ДВ в работе [Рудницкая и др., 2013] применена обработка сейсмических материалов в системе РеапакРК+. По пространственному распределению зон Реапак-атрибутов разрез земной коры представлен в виде трехслойной модели, глубинными разломами 1 и 2 земная кора разделена на три макроблока. Смещение границы Мохоровичича по разлому 1 оценивается в 5 км, а по разлому 2 — до 15 км.

Разработка геолого-геофизической модели по профилю 3-ДВ в работе [Гошко и др., 2014] основана на технологии динамической обработки «StremSDS» сейсмического разреза. К главным разломам отнесены Северо-Тукурингский и Каларский, которые делят разрез земной коры на три блока с разным тектоническим строением. Интервалы 40—100 и 300—470 км профиля 3-ДВ интерпретируются как коллизионные зоны.

По результатам интерпретации Диденко А. Н. с соавторами [2013] в интервале профиля 300—400 км выявлен новый тектонический элемент — Пристановая складчато-надвиговая зона позднемезозойского возраста, разграничивающая Становой и Алданский мегаблоки.

Согласно Херасковой Т. Н. с соавторами [2018], структурообразующая роль формирования земной коры по профилю 3-ДВ Алдано-Станового щита принадлежит пологим разломам северного и южного падения.

Тектонический каркас Алдано-Станового щита по линии профиля 3-ДВ определяют Желтулакский и Становой разломы, а также Южно-Якутский надвиг (см. рис. 1). Положение данных разломов на рассматриваемых разрезах по профилю 3-ДВ неоднозначно. Отметим следующие разногласия в выделении Станового разлома. Становой разлом соответствует разлому 2, имеющему северное падение [Рудницкая и др., 2013]. В работе [Гошко и др., 2014] Становой разлом имеет южное падение, а Становой и Алданский блоки

разделены вертикальным Каларским разломом. Согласно разрезам из работ [Диденко и др., 2013; Хераскова и др., 2018] Становой разлом имеет южное падение.

Представленные в работах [Диденко и др., 2013; Рудницкая и др., 2013; Гошко и др., 2014; Хераскова и др., 2018] модели строения земной коры по результатам интерпретации сейсмических данных по профилю 3-ДВ основаны на различных подходах к изучению раннедокембрийского этапа и тектоническому районированию Алдано-Станового щита. Анализ предложенных геолого-геофизических разрезов по профилю 3-ДВ также выявил ряд дискуссионных вопросов тектоники Алдано-Станового щита, в том числе: типизации земной коры Станового мегаблока (гранит-зеленокаменный либо гранулит-гнейсовый), положения границы Алданского и Станового мегаблоков, роль рифтогенеза в процессе формирования Южно-Якутских впадин.

Алдано-Становой щит сложен архей-палеопротерозойскими метаморфическими породами и является эталоном при изучении тектоники и глубинного строения кристаллического фундамента юго-восточной части Сибирской платформы. Имеющиеся схемы тектонического районирования Алдано-Станового щита отражают различные подходы к изучению эволюции раннедокембрийской земной коры: геосинклинальный, блоковой делимости, террейнового анализа, в системе гранит-зеленокаменных и гранулит-гнейсовых областей [Геология ..., 1981; Геология ..., 1988; Rozen et al., 1994; Стогний, Стогний, 1997; Смелов, Тимофеев, 2003; Тектоника ..., 2005]. В настоящей статье тектоническое районирование Алдано-Станового щита (геоблока) рассматривается с позиции блоковой делимости литосферы [Стогний, Стогний, 1997], а именно, Алдано-Становой геоблок состоит из Алданского, Станового и Селенга-Станового мегаблоков. Границей между Алданским и Становым мегаблоками является Южно-Якутский надвиг (см. рис. 1).

Алданский мегаблок в области профиля

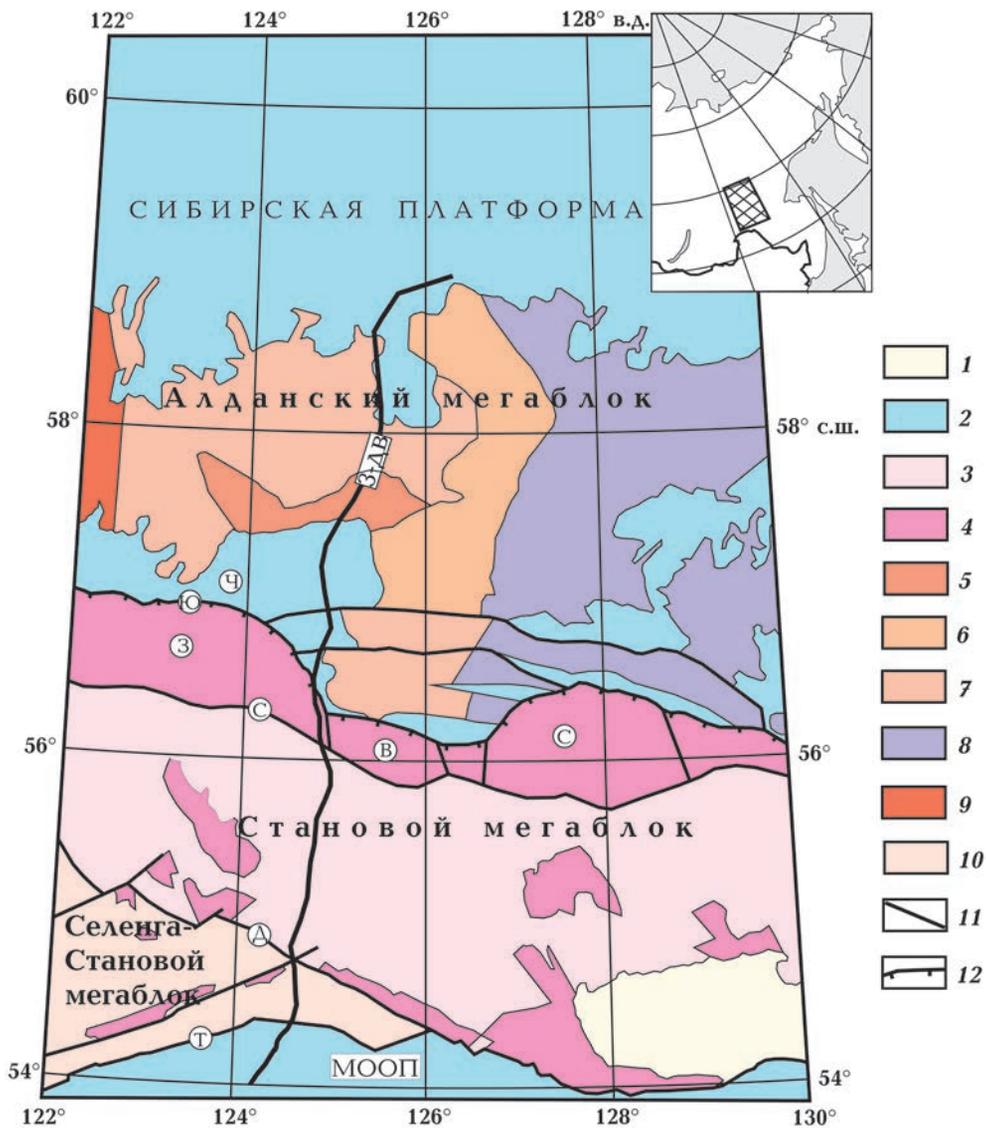


Рис. 1. Положение профиля 3-ДВ на схеме геологического строения Алдано-Станового щита по [Геологическая..., 1998; Тектоника..., 2001] с упрощением: 1 — четвертичные осадочные отложения Верхнезейской впадины; 2 — мезозой-мезопротерозойские осадочные отложения Сибирской платформы и Монголо-Охотского орогенного пояса; 3, 4 — архей-палеопротерозойские метаморфические комплексы Станового мегаблока (3 — тоналит-тронджемито-гнейсовый амфиболитовой фации, 4 — гранулитовый высоких давлений; 3 — Зверевский, В — Верхнетимптонский, С — Сутамский блоки); 5—9 — архей-палеопротерозойские метаморфические комплексы Алданского мегаблока (5 — ортогнейсовый амфиболитовой фации (дес-леглиерская серия); 6 — гранулит-ортогнейсовый (федоровская серия); 7 — гранулит-ортогнейсовый; 8 — парагнейсовый гранулитовой фации; 9 — гранит-зеленокаменный); 10 — мезозой-палеозойские магматические комплексы Селенга-Станового мегаблока; 11 — разломы (Т — Северо-Тукурингрский, Д — Джелтулакский, С — Становой); 12 — надвиги (Ю — Южно-Якутский). МООП — Монголо-Охотский орогенный пояс.

Fig. 1. Position of the 3-DV profile on the geological structure diagram of the Aldan-Stanovoy shield according to [Геологическая..., 1998; Тектоника..., 2001] with a simplification: 1 — Quaternary sedimentary deposits of the Verkhnezeiskaya depression; 2 — Mesozoic-Mesoproterozoic sedimentary deposits of the Siberian platform and the Mongol-Okhotsk orogenic belt; 3, 4 — Archaean-Paleoproterozoic metamorphic complexes of the Stanovoy megablock (3 — tonalite-trondhjemite-gneiss amphibolite facies; 4 — high-pressure granulites; (abbreviations: 3 — Zverevsky, B — Verkhnetimpontsky, C — Sutamsky blocks); 5—9 — Archaean-Paleoproterozoic metamorphic complexes of the Aldan megablock (5 — orthogneiss amphibolite facies (Des-Leglierskaya series); 6 — granulite-orthogneiss (Fedorovskaya series); 7 — granulite-orthogneiss; 8 — paragneissic granulite facies; 9 — granite-greenstone); 10 — Mesozoic-Paleozoic magmatic complexes of the Selenga-Stanovoy megablock; 11 — faults, abbreviations: T — Severo-Tukuringrsky, D — Dzheltulaksky, C — Stanovoy; 12 — thrusts-faults, abbreviation: Ю — Yuzgnoyakutskiy. Abbreviation: МООП — Mongol-Okhotsk Orogenic Belt.

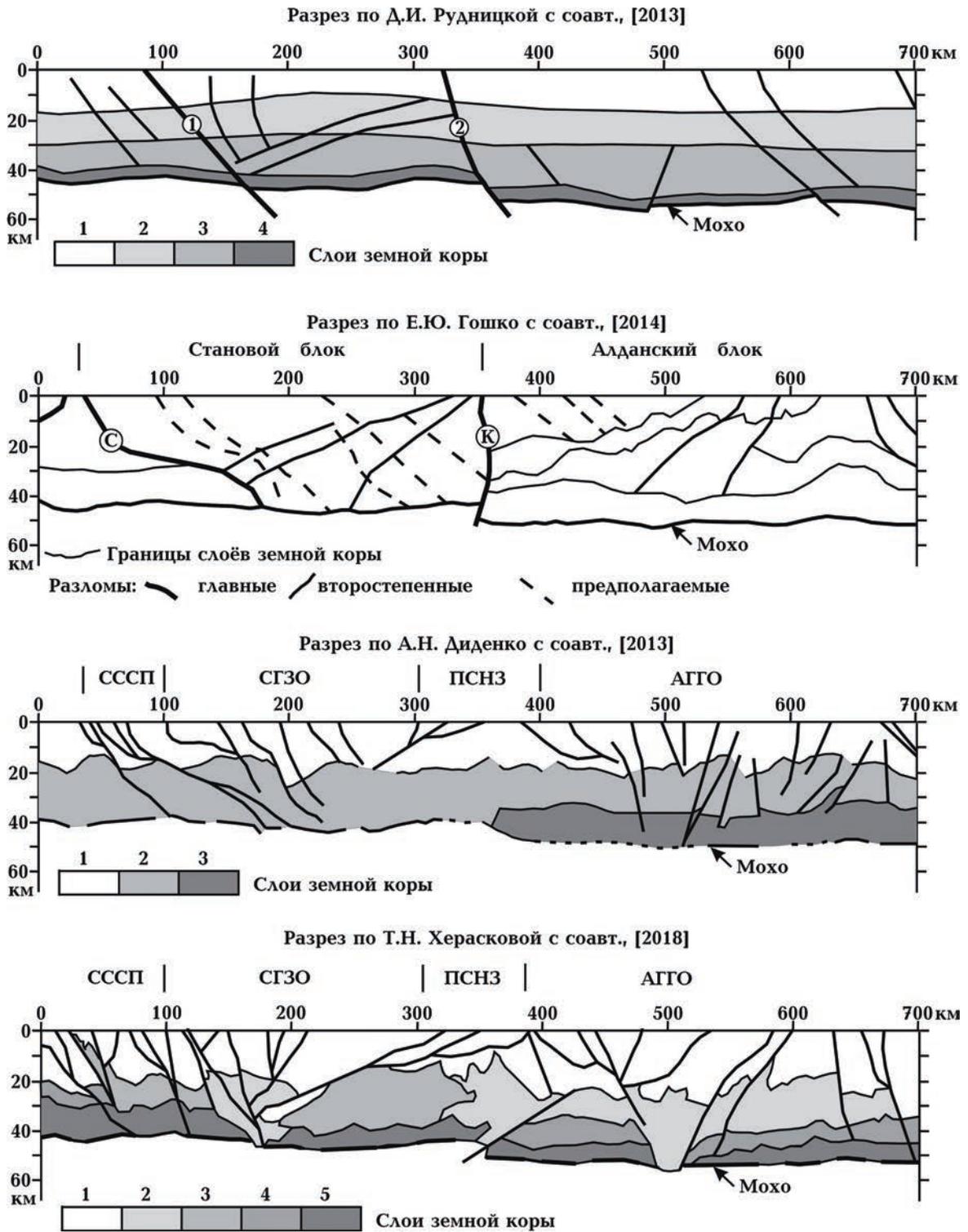


Рис. 2. Геолого-геофизические разрезы земной коры Алдано-Станового щита по профилю 3-ДВ [Рудницкая и др., 2013; Диденко и др., 2013; Гошко и др., 2014; Хераскова и др., 2018] (с упрощением). Главные разломы по [Гошко и др., 2014]: К — Каларский, С — Северо-Тукурингрский. Тектонические области, пояса и зоны по [Диденко и др., 2013; Хераскова и др., 2018]: АГГО — Алданская гранулит-гнейсовая область, СГЗО — Становая гранит-зеленокаменная область, СССП — Селенга-Становой складчатый пояс, ПСНЗ — Пристановая складчато-надвиговая зона [Диденко и др., 2013], Пристановая сдвиго-надвиговая зона [Хераскова и др., 2018].

3-ДВ сложен преимущественно гранито-гнейсами и эндербитогнейсами. Метаморфизм пород соответствует гранулитовой фации умеренных давлений, а его возраст оценивается в 1,95—2,6 млрд лет [Смелов и др., 2001]. Отмечается присутствие гранитогнейсов с возрастом 3335 ± 10 млн лет [Nutman et al., 1992].

Архей-палеопротерозойские породы Станового мегаблока метаморфизованы в условиях амфиболитовой и гранулитовой фаций. Породы амфиболитовой фации объединены в становой комплекс (зейская, купуринская, иликанская серии). Породы гранулитовой фации (зверевская, дамбукинская, ларбинская серии) слагают тектонические блоки, сгруппированные в субширотные пояса протяженностью до 900 км [Stogny, Stogny, 1995]. Метаморфизм гранулитов изменяется от фации повышенной глубинности до фации высокой глубинности [Глебовицкий и др., 2009]. Положение западной границы Станового мегаблока обсуждалось в работах [Метаморфические ..., 1987; Докембрийская ..., 1988; Гусев, Хаин, 1995; Розен, 2003].

Селенга-Становой мегаблок на 80% представлен мезозой-палеозойскими гранитоидами, а выходы раннедокембрийских метаморфических пород закартированы в небольших блоках. В тектоническом отношении Селенга-Станового мегаблок включает в Алдано-Становой щит, рассматривают как восточный сегмент Енисей-Забайкальского позднекембрийско-раннеордовикского орогенного пояса [Парфенов и др., 2003] или каледонского Селенга-Станового орогенного пояса [Тектоника..., 2005]. В последнем варианте за юго-западное обрамление Алдано-Станового щита принимается Джелтулакский разлом.

Региональный профиль 3-ДВ в настоящее время является главным источником

информации о глубинном строении одного из ключевых регионов раннего докембрия, каким является Алдано-Становой щит. В связи с этим понятен интерес исследователей к этому материалу, выражающийся в том числе и в многочисленных научных публикациях по интерпретации и переинтерпретации исходных данных. Линия профиля 3-ДВ пересекает крупные золотоносные объекты Сибирской платформы: Центрально-Алданский золотоносный район (интервал 550—700 км), золотороссышной Чако-Беркакитский узел (интервал 310—360 км) и граничащий с последним золотоносный Верхнетимптонский район, что существенно повышает значимость изучения особенностей строения земной коры. На наш взгляд, вопрос золоторудоконтролирующих структур Центрально-Алданского и Верхнетимптонского районов, Чако-Беркакитского узла не нашел достаточного отражения в результатах интерпретации сейсмических материалов предшествующих исследований по профилю 3-ДВ. Новые геофизические материалы по профилю 3-ДВ позволяют провести комплексный анализ с построением более обоснованной модели строения земной коры золотоносных объектов.

Исходные геофизические данные. В качестве базовых элементов построения модели строения земной коры по профилю 3-ДВ принята методика выявления региональных неоднородностей литосферы по комплексному анализу геолого-геофизических материалов и типизации их природы. Для выявления неоднородностей земной коры и особенностей глубинного строения золотоносных районов по профилю 3-ДВ был использован разрез по данным МОВ—ОГТ и разрез роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ, представленные в работе [Ди-

Fig. 2. Geological and geophysical sections of the Aldan-Stanovoy shield Earth's crust along profile 3-DV [Рудницкая и др., 2013; Диденко и др., 2013; Гошко и др., 2014; Хераскова и др., 2018] with a simplification. The main faults are after [Гошко и др., 2014], abbreviations: К — Kalarsky, С — North-Tukuringrsky. Tectonic regions, belts and zones after [Диденко и др., 2013; Хераскова и др., 2018], abbreviations: АГГО — Aldan granulite-gneiss region, СГЗО — Stanovoy granite-greenstone region, СССП — Selenga-Stanovoy fold belt, ПСНЗ — Pristanovaya fold-thrust zone [Диденко и др., 2013], Pristanovaya shear — thrust zone [Хераскова и др., 2018].

денко и др., 2013], а также обработанные в различных программах сейсмические материалы [Рудницкая и др., 2013; Гошко и др., 2014].

Плотностные неоднородности земной коры (зеленокаменные пояса, массивы основных и ультраосновных пород, блоки высокобарических гранулитов) Алдано-Станового щита довольно хорошо отражаются в гравитационном поле [Стогний, Стогний, 2005]. В связи с этим рассмотрены особенности гравитационного поля в области профиля 3-ДВ.

Гравитационное поле. Территория Алдано-Станового щита покрыта гравиметрической съемкой масштаба 1:200 000, а в пределах основных рудных районов проведены крупномасштабные гравиметрические съемки (1:25 000—1:50 000). Отражение структурно-вещественных комплексов Алдано-Станового щита в гравитационном поле анализировалось во многих опубликованных работах [Тектоническая..., 1984; Абрамов, 1993; Стогний, Стогний, 1997, 2005; Подгорный, Малышев, 2006]. В настоящей статье обсуждаются региональные особенности гравитационного поля по карте [Гравиметрическая..., 1990] масштаба 1:2 500 000 (рис. 3).

Гравитационное поле в области профиля 3-ДВ в региональном плане выражено тремя субширотными зонами: южной, центральной и северной. В южной зоне высоких значений гравитационного поля профиль 3-ДВ пересекает Урканский минимум (в плане соответствует выходам гранитов), Гилюйский максимум (выходы мезоархейской усть-гилюйской серии с многочисленными телами метагабброидов) и субширотную цепочку максимумов (Зверевский, Верхнетимптонский, Сутамский) северного фланга Станового мегаблока, отражающих выходы высокобарических гранулитов. Блокам гранулитов, имеющим более высокую плотность (2,80—2,90 г/см³) по сравнению со средне-взвешенной плотностью станового комплекса (2,75 г/см³), в поле силы тяжести соответствуют максимумы амплитудой до 10—15 мГал. Центральная зона низких зна-

чений поля приурочена к границе Алданского мегаблока со Становым, в пределах которой линия профиля 3-ДВ пересекает Чульманский гравитационный минимум амплитудой более 15 мГал, в плане приуроченный к мезозойским осадочным отложениям Чульманской впадины с плотностью 2,60 г/см³. В северной зоне высоких значений гравитационного поля следует отметить Якокутский гравитационный минимум амплитудой более 25 мГал, которому на поверхности соответствуют выходы палеопротерозойских гранито-гнейсов с плотностью 2,62—2,65 г/см³ при плотности обрамляющих их комплексов 2,69—2,80 г/см³.

Северо-Тукурингрский, Джелтулакский и Становой разломы, а также Южно-Якутский надвиг являются главными структурообразующими элементами по линии профиля 3-ДВ (см. рис. 1). Северо-Тукурингрский разлом, ограничивающий Алдано-Становой щит с юга, в гравитационном поле выражен зоной градиентов. Становой разлом, с юга ограничивающий Зверевский, Верхнетимптонский и Сутамский блоки гранулитов, в гравитационном поле проявлен зоной перехода положительных аномалий, создаваемых блоками гранулитов, в отрицательные значения, а Южно-Якутский надвиг раннедокембрийских метаморфических пород на мезозойские осадочные отложения Чульманской впадины выражен гравитационной ступенью.

Таким образом, структура гравитационного поля Алдано-Станового щита в области опорного профиля 3-ДВ является информативной при разработке модели земной коры.

Сейсмические данные МОВ—ОГТ. Согласно [Гошко и др., 2014], из трех сейсмических разрезов опорного профиля 3-ДВ (по данным КМПВ, ГСЗ и МОВ—ОГТ) наиболее информативен относительно структурных особенностей земной коры глубинный сейсмический разрез по данным МОВ—ОГТ. В отработанной методике КМПВ с использованием вибрационных источников скоростные характеристики земной коры были исследованы до

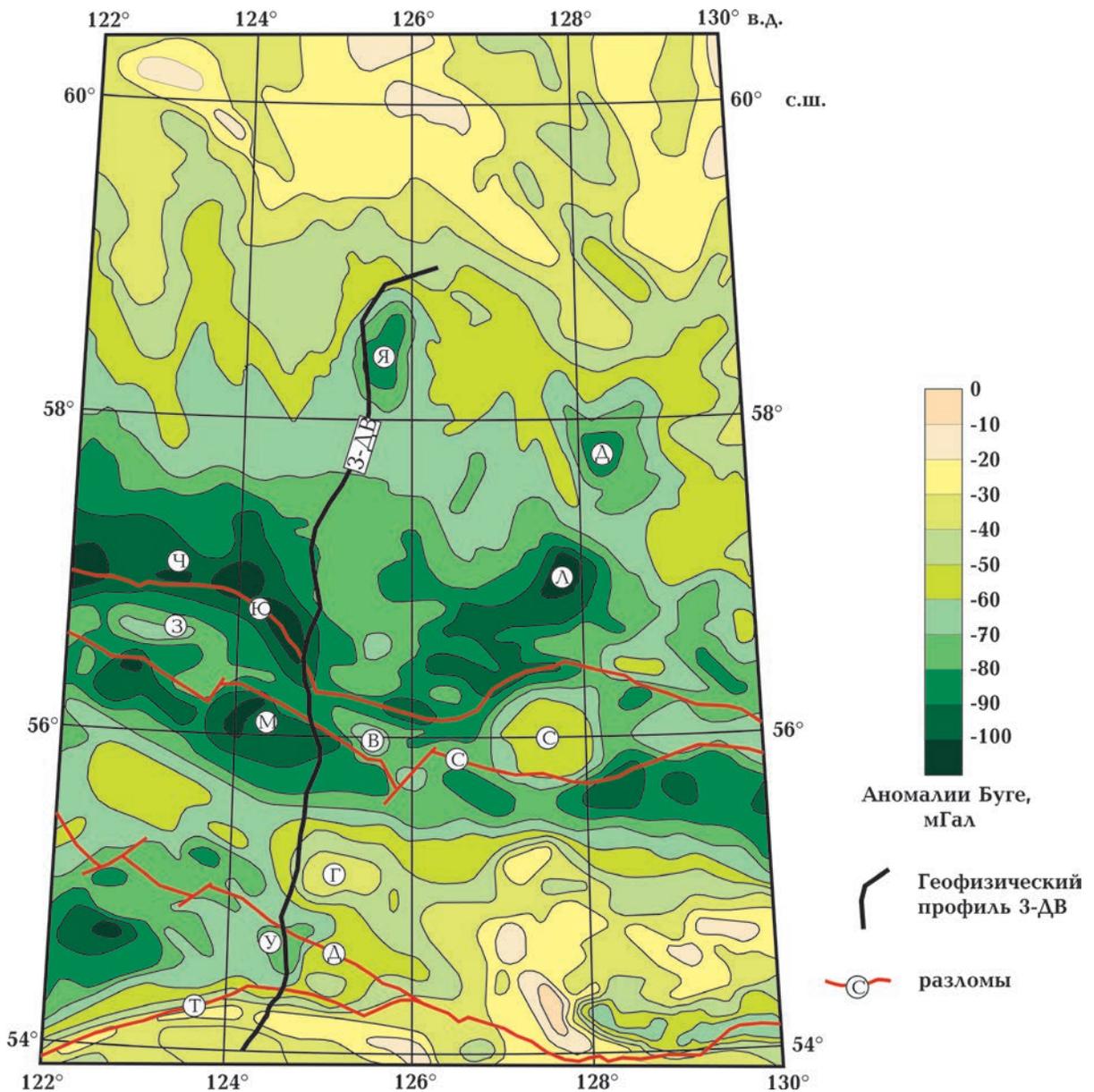


Рис. 3. Карта гравитационного поля района профиля 3-ДВ по [Гравиметрическая..., 1990] (с упрощением). Локальные элементы гравитационного поля: максимумы (Г — Гилюйский, З — Зверевский, В — Верхнетимптонский; С — Сутамский), минимумы (Д — Джелтулинский, Л — Ломамский, Ч — Чульманский, Я — Якокутский, М — Моготский, У — Урканский). Разломы: Д — Джелтулакский, С — Становой, Т — Северо-Тукурингрский, Ю — Южно-Якутский. Название гравитационных аномалий по [Стогний, Стогний, 1997].

Fig. 3. Map of the 3-DV profile region gravitational field according to [Гравиметрическая..., 1990] with a simplification. Local elements of the gravitational field (abbreviations, maxima: Г — Gilyuisky, З — Zverevsky, В — Verkhnetimponsky; С — Sutamsky; minima: Д — Dzheltulinsky, Л — Lomamsky, Ч — Chulmansky, Я — Yakokutsky, М — Mogotsky, У — Urkansky). Faults, abbreviations: Д — Dzheltulaksky, С — Stanovoy, Т — Severo-Tukuringrsky, Ю — Yuzhno-Yakutsky. The name of the gravity anomalies is from [Стогний, Стогний, 1997].

глубин 5—10 км, а по данным ГСЗ, выполненным с использованием взрывных и вибрационных источников, скоростные характеристики земной коры и верхней

мантии оценивались до глубины 90 км.

Сейсмический разрез по материалам МОВ—ОГТ и разрез роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—

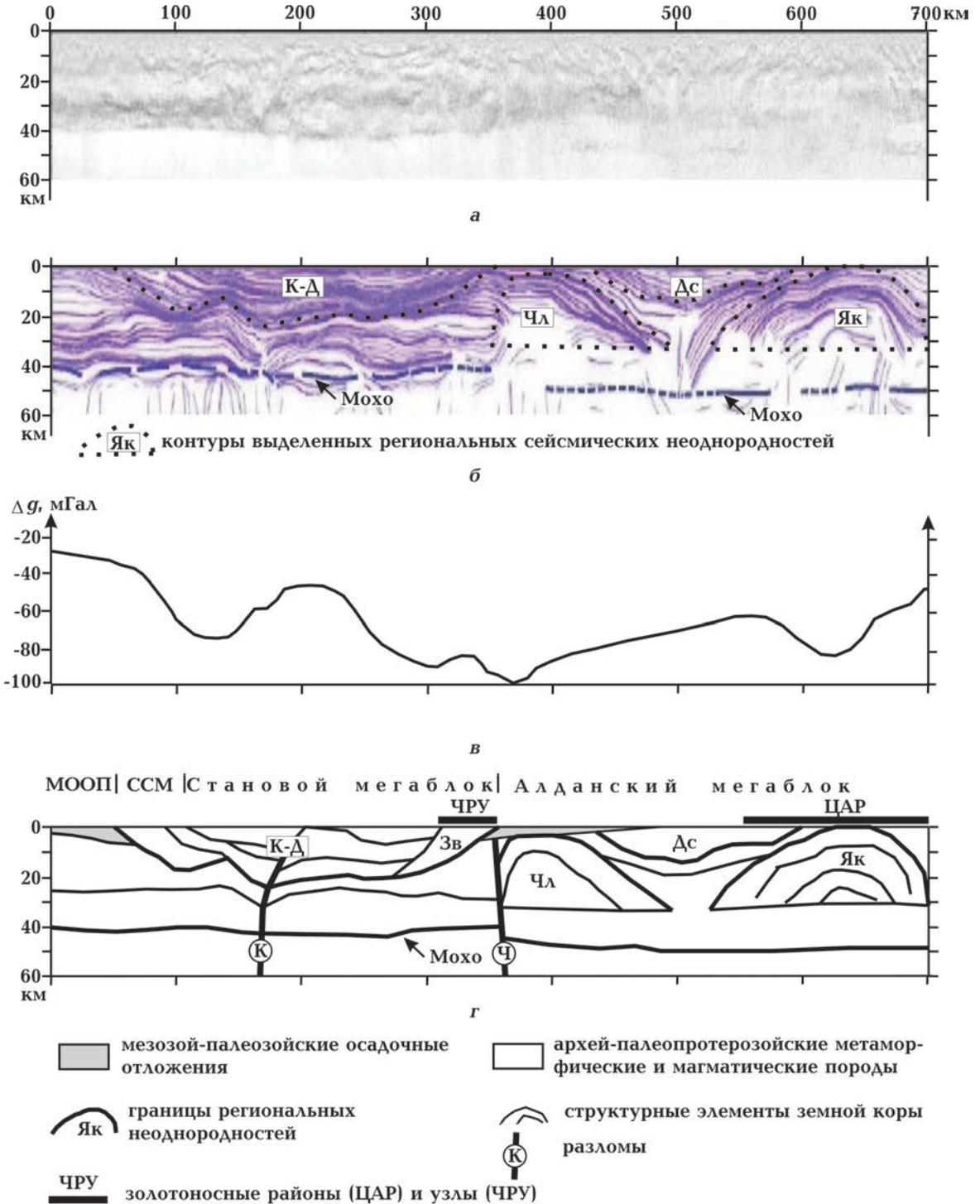


Рис. 4. Геолого-геофизические данные по профилю 3-ДВ: *а* — сейсмический разрез по данным МОВ—ОГТ [Диденко и др., 2013]; *б* — разрез роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ и граница Мохоровичича [Диденко и др., 2013]; *в* — кривая аномалий силы тяжести в редукции Буге; *г* — геолого-геофизический разрез земной коры Алдано-Станового щита. Выделенные сейсмические неоднородности на разрезе роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ (*б*): К-Д — Каларо-Джугджурская, Чл — Чульманская, Як — Якокутская, Дс — Деслеглиерская. Тектонические структуры геолого-геофизической модели (*г*): МООП — Монголо-Охотский орогенный пояс; ССМ — Селенга-Становой мегаблок; К-Д — Каларо-Джугджурская; Чл — Чульманская зона разуплотнения; Як — Якокутский гранитогнейсовый купол; Дс — Деслеглиерская синформа; Зв — Зверевский блок высокоградных

ОГТ [Диденко и др., 2013] приведены на рис. 4. Разрез роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ является результатом обработки данных пакетом WinLESSA по методике [Zlatopolsky, 1997].

По характеру сейсмического разреза МОВ—ОГТ (см. рис. 4, а) отметим следующие особенности для земной коры Селенга-Станового, Станового и Алданского мегаблоков. Сейсмический разрез Селенга-Станового и Станового мегаблока (интервал 50—350 км) является гетерогенным на глубинах до 35—45 км по сравнению с нижележащими комплексами верхней мантии, а в разрезе Алданского мегаблока (интервал 350—700 км) отражение структурно-вещественных комплексов коры и верхней мантии существенно изменяется — структура нижней части разреза (30—60 км) является гомогенной. Эти особенности отражены также на разрезе роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ границы Мохо (рис. 4, б). Так, в интервале 0—350 км граница Мохо расположена на глубине 40—42 км, а в интервале 350—700 км на глубине 50—52 км. Учитывая сложный характер сейсмического разреза профиля 3-ДВ и возможную многовариантность интерпретации его материалов, следует сопоставить результаты этих исследований с ранее выполненными. По результатам интерпретации профиля МОВЗ [Булин и др., 1972], пройденному в 1968 г. по Амуро-Якутской магистрали в интервале Джалинда—Улуу и практически совпадающему

по местоположению с профилем 3-ДВ, в пределах Алданского мегаблока за границу кора-мантии были приняты границы обмена сейсмических волн *P*- и *S*-типов на глубине 40—42 км. При этом на отрезке профиля МОВЗ Чульман—Алдан зарегистрирована уверенно прослеживаемая граница обменных волн на глубине около 60 км. Позже Суворовым В. Д. и Корниловой З. А. [1985] по данным изучения волновых полей близких землетрясений за период 1970—1980 гг. в этом интервале профиля на глубине около 60 км выявлена преломляющая граница со средним значением кажущейся скорости 8,1 км/с, которая была принята за границу Мохо. В южной части профиля 3-ДВ, пересекающему Становой мегаблок, существенного расхождения в глубине границы Мохо (см. рис. 4, б) с результатами более ранних сейсмических исследований [Булин и др., 1972; Суворов, Корнилова, 1985] не выявлено.

На разрезе роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ профиля 3-ДВ (см. рис. 4, б) по структурным особенностям авторами вынесены контуры сейсмических неоднородностей земной коры: Каларо-Джугджурской, Чульманской, Деслеглиерской и Якутской. Каларо-Джугджурская сейсмическая неоднородность (интервал 50—300 км) имеет вид синформы верхней части коры (0—25 км) Селенга-Станового и Станового мегаблоков, в отличие от нижней части (25—40 км) разреза, представленной тонкослоистой волнообразной структурой с разрывом в интервале профиля

гранулитов; К — Каларо-Чогарский и Ч — Чульманский коро-мантийные разломы. Золотоносные объекты: ЦАР — Центрально-Алданский золотоносный район; ЧРУ — Чако-Беркакитский золотороссышной узел.

Fig.4. Geological and geophysical data along the 3-DV profile: а — seismic section according to the SRM—CMP data [Даниленко и др., 2013]; б — section of roses-diagrams of elementary reflecting areas of the SRM—CMP and the Mohorovichich boundary [Даниленко и др., 2013]; в — the curve of gravity anomalies in the Bouguer reduction; г — geological and geophysical section of the earth's crust of the Aldan-Stanovoy shield. Highlighted seismic inhomogeneities in the section of roses-diagrams of elementary reflecting areas of the SRM—CMP (б): К-Д — Kalaro-Dzhugdzhurskaya, Чл — Chulmanskaya, Як — Yakokutskaya, Дс — Desleglierskaya. Tectonic structures of the geological-geophysical model (г): МООП — Mongol-Okhotsk orogenic belt; ССМ — Selenga-Stanovoy megablock; К-Д — Kalaro-Dzhugdzhurskaya; Чл — Chulman zone of decompression; Як — Yakokut granite-gneiss dome; Дс — Desleglier synform; Зв — Zverevsky block of high-grade granulites; К — Kalar-Chogarskiy and Ч — Chulmanskiy crust-mantle faults. Gold-bearing objects: ЦАР — Central Aldan gold-bearing region; ЧРУ — Chako-Berkakit gold-placer area.

150—180 км. В пределах Алданского мегаблока в верхней части земной коры (0—35 км) выделены Чульманская (интервал 350—450 км), Деслеглиерская (интервал 450—520 км) и Якутская (интервал 520—670 км) сейсмические неоднородности. Нижняя часть разреза (35—52 км) является практически гомогенной.

Главные структурообразующие тектонические нарушения (Северо-Тукурингский, Желтулакский и Становой разломы, Южно-Якутский надвиг) Алдано-Станового щита (см. рис. 1) в разрезе роз-диаграмм элементарных отражающих площадок МОВ—ОГТ проявляются следующим образом. Северо-Тукурингский разлом можно сопоставить с южным краем Каларо-Джугджурской неоднородности, а Желтулакский разлом рассматривается как наклонная на север зона до глубины 20 км. Становой разлом — наклонная на юг зона отражающих площадок МОВ—ОГТ глубиной до 20 км. Южно-Якутский надвиг отождествляется с северным краем Каларо-Джугджурской неоднородности.

Таким образом, сейсмический разрез по данным МОВ—ОГТ по профилю 3-ДВ Алданского и Станового мегаблоков Алдано-Станового щита существенно различается. Разрез Алданского мегаблока на глубинах 0—35 км представлен Чульманской и Якутской куполовидными неоднородностями, разделенным Деслеглиерской синформой, а верхняя (до 25—30 км) часть Станового мегаблока — Каларо-Джугджурской неоднородностью в виде синформы. Нижняя (30—42 км) часть разреза МОВ—ОГТ Станового мегаблока имеет гетерогенное строение с признаками слоистости, а нижняя часть (35—52 км) Алданского мегаблока является практически гомогенной.

Региональные неоднородности земной коры Алдано-Станового щита по профилю 3-ДВ и их природа. Ранее предложенные авторами разрезы земной коры Алдано-Станового щита по двум долготным профилям, пересекающим Алданский и Становой мегаблока, разработаны по результатам анализа и моделирования гравитационного поля [Стогний, Стогний, 1997, 2005]. В

их основе заложена геодинамическая модель формирования Станового мегаблока в условиях мезозойской коллизии Сино-Корейского и Северо-Азиатского кратонов. Мезозойский возраст формирования структуры Станового мегаблока, представляющей собой коллаж блоков станового комплекса, метаморфизованного в условиях амфиболитовой фации, и блоков высокоградных гранулитов, обосновывается: 1) регрессивным метаморфизмом раннедокембрийских комплексов, оцениваемым К-Аг-датировками в 230—110 млн лет [Геохронология..., 1968]; 2) имеющимися датировками раннемелового возраста регионального метаморфизма становой серии [Ларин и др., 2006]; 3) полученными датировками мезозойского возраста гранитоидов, относимых ранее к протерозойским [Антонов, Банковская, 2000; Сальникова и др., 2006]; 4) закрытием в конце средней юры восточной части Монголо-Охотского океана [Тектоника..., 2001]; 5) наличием надвигов архейских метаморфических пород Станового мегаблока на мезозойские отложения Южно-Якутской системы впадин и Монголо-Охотского орогенного пояса; 6) дискордантным расположением субширотных поясов гранулитовых блоков Станового мегаблока относительно субмеридиональных структур Алданского мегаблока [Stogny, Stogny, 1995]. Впервые структура Станового мегаблока в виде синформы была предложена в работе [Нужнов и др., 1993]. По данным моделирования гравитационных аномалий максимальная мощность синформы Станового мегаблока оценена в 15 км [Стогний, Стогний, 1997].

По результатам интерпретации сейсмических материалов МОВ—ОГТ предложено несколько моделей слоистого строения земной коры — от двухслойной до пятислойной (см. рис. 2). Так, в работе [Рудницкая и др., 2013] по пространственному распределению зон Реапак-атрибутов разрез земной коры представлен в виде трехслойной модели. Вещественный состав верхнего слоя отражает карта геологического строения области профиля 3-ДВ (см. рис. 1). Вещественный состав среднего

и нижнего слоев коры можно сопоставить с ксенолитами из щелочных массивов либо кимберлитовых трубок Алданского мегаблока, а также с блоками высокоградных гранулитов Станового мегаблока, сложенных преимущественно ортогнейсами среднего и основного состава, массивами анортозитов и габбро-анортозитов. В пределах центральной части Алданского мегаблока исследованы ксенолиты в щелочных массивах [Угрюмов, 1981; Добрецов и др., 2008], три из них (Юхточка, Михайловка и Эвота) расположены непосредственно по линии профиля 3-ДВ. Ксенолиты представлены амфиболитами, гранатовыми амфиболитами, габбро, анортозитами и пироксенитами. Такой вещественный состав пород не характерен для верхнего слоя Алданского мегаблока, сложенного преимущественно гранитогнейсами.

Глубина границы Мохо по профилю 3-ДВ для Станового мегаблока находится на уровне 40—42 км, а Алданского — на уровне 50—52 км, что является одной из главных структурных особенностей разреза земной коры Алдано-Станового щита. Существенное увеличение мощности земной коры Алданского мегаблока Хераскова Т. Н. с соавторами [2018] предполагают за счет внедрения подкорового материала, а Гошко Е. Ю. с соавторами [2014] — за счет поддвига океанической плиты под воздействием плюмового апвеллинга.

Верхний слой земной коры Алданского мегаблока в области профиля 3-ДВ сложен гранитогнейсами, протолиты которых по геохимическим характеристикам соответствуют субдукционным гранитоидам с возрастом 2006 ± 3 — 2011 ± 2 млн лет и коллизионным гранитоидам с возрастом 1966 ± 4 — 2006 ± 3 млн лет [Великославинский и др., 2011]. Процессы формирования в палеопротерозое ювенильного гранитоидного слоя верхней части коры в результате магматической деятельности также могли способствовать увеличению глубины границы Мохоровичича до 50 км. Сейсмически гомогенный нижний слой (40—52 км) земной коры Алданского мегаблока, по нашему мнению, отражает структуру па-

леоархейской коры с возрастом не менее 3335 ± 10 млн лет [Nutman et al., 1992], условия образования которой рассмотрены в [Вовна и др., 2009; Шкодзинский, 2018; Hastie, Fitton, 2019; Li et al., 2020].

Выделенные по данным МОВ—ОГТ (см. рис. 4, б) Каларо-Джугджурская, Чульманская и Якокутская региональные неоднородности Алдано-Станового щита по линии профиля 3-ДВ локализованы в верхней части земной коры.

Каларо-Джугджурская неоднородность, включающая верхнюю часть коры Селенга-Станового и Станового мегаблоков, представлена серией слоев, сходящихся к Каларо-Чогарскому разлому, который в предложенной интерпретации данных МОВ—ОГТ является структурообразующим. В гравитационном поле этот разлом проявляется региональной ступенью протяженностью более 900 км. Веерообразная структура неоднородности отражает, по нашему мнению чешуйчато-блоковое строение Станового мегаблока, сформированное в условиях коллизии. Блоки сложены породами станового комплекса и высокоградными гранулитами. Так, Зверевский блок высокоградных гранулитов (плотность $2,80$ — $2,90$ г/см³) образует северный фланг Каларо-Джугджурской неоднородности, надвинутый на мезозойские осадочные отложения Чульманской впадины (см. рис. 4, г). Гранат-кордиеритовые гнейсы Зверевского блока отнесены к группе изобарического остывания [Gavricova et al., 1990]. Образование гранулитов, имеющих тренд изобарического остывания, происходит в условиях коллизии [Bohlen, 1991]. Становой разлом в изложенной модели строения Станового мегаблока относится к его внутреннему тектоническому нарушению и не является разломом, разграничивающим Алданский и Становой мегаблока.

Чульманская сейсмическая неоднородность и расположенная севернее Якокутская неоднородность верхней части земной коры Алданского мегаблока в разрезе имеют вид купола, подошва которого ограничена глубиной 30—32 км. Межкупольный

интервал 470—520 км профиля 3-ДВ представлен Деслеглиерской синформой, сложенной палеопротерозойскими породами дес-леглиерской серии с массивами метагаббро и метаультрабазитов (см. рис. 1).

Чульманская сейсмическая неоднородность в гравитационном поле выражена одноименным гравитационным минимумом (см. рис. 4, в), который относится к региональной Чаро-Учурской зоне пониженных значений поля силы тяжести протяженностью до 1000 км. Чульманский гравитационный минимум обычно интерпретируется как зона разуплотнения кристаллического фундамента, нижняя кромка которой по результатам моделирования оценивается от 15 [Стогний, Стогний, 1997] до 80 км и более [Тектоническая..., 1984; Горошко и др., 2010]. В работе [Диденко и др., 2013] Чульманскому гравитационному минимуму в плане соответствует поздне-мезозойская субвулканическая интрузия, верхняя кромка которой находится на глубине 4 км. Чульманская неоднородность представляет собой латеральную субширотную зону разуплотнения Алданского мегаблока. Южным ограничением Чульманской неоднородности является субвертикальный коромантийный Чульманский разлом, выделенный по характеру отражения сейсмических данных роз-диаграмм МОВ—ОГТ, в гравитационном поле этот разлом не находит отражения. По коромантийному Чульманскому разлому происходит резкое (до 10 км) увеличение мощности земной коры Алданского мегаблока (см. рис. 4, г).

Якутской сейсмической неоднородности (интервал 520—670 км профиля 3-ДВ) соответствует одноименный гравитационный минимум амплитудой более 25 мГал. На природу Якутского гравитационного минимума имеются разные точки зрения. В работах [Тектоника..., 1975; Стогний, Стогний, 2005] в контурах Якутского гравитационного минимума выделен гранитогнейсовый купол, в работе [Абрамов, 1993; Горошко и др., 2010] он интерпретируется как магма-тогенная колонна глубиной до 220 км.

Якутский минимум объясняется также повышенной концентрацией в земной коре мезозойских массивов Центрально-Алданского рудного района [Казанский, 2004]. Якутская неоднородность в отличие от Чульманской представляет собой локальную куполовидную структуру, верхняя часть которой сложена породами инфракмплекса (гранитогнейсы и эндербитогнейсы гранулитовой фации умеренных давлений) возрастом 1,95—2,6 млрд лет [Котов, 2003].

В полосе профиля 3-ДВ локализованы Центрально-Алданский золотоносный район и Чако-Беркакитский золотороссыпной узел. Центрально-Алданский является одним из основных районов золотодобычи Алдано-Станового щита с 1935 г., однако структурная его приуроченность и источник золота до сих пор вызывают дискуссии. Преобладающая точка зрения на его строение — это рудно-магматическая система глубиной 120—220 км, содержащая разноуровневые магматические очаги [Абрамов, 1993; Максимов и др., 2004].

Якутский гранитогнейсовый купол, сложенный палеопротерозойскими породами, в соответствии с предложенной моделью строения земной коры Алданского мегаблока (см. рис. 4, г), является рудоконтролирующей структурой Центрально-Алданского золотоносного района. Блоково-линеamentное строение купола обеспечило внедрение многочисленных мелких интрузий щелочных пород в мезозойский тектоно-магматический этап и циркуляцию рудоносных растворов, способствующих также регенерации золотоносной минерализации в метаморфических раннедокембрийских комплексах [Стогний, Стогний, 2014].

В пределах Станового мегаблока преобладают золотороссыпные районы, приуроченные главным образом к блокам высокоградных гранулитов. В полосе профиля 3-ДВ Чако-Беркакитский золотороссыпной узел расположен в Зверевском блоке гранулитов, а Верхнетимптонский золотороссыпной район, россыпи которого интенсивно эксплуатируются уже

более 100 лет, — в одноименном блоке. Зверевский и Верхнетимптонский блоки гранулитов представляют северную часть Каларо-Джугджурской неоднородности Станового мегаблока. Источником золота служили метабазиты гранулитов [Коген, 1976; Алекторова, Шмураева, 1997].

Современная структура земной коры в области профиля 3-ДВ сформирована главным образом тектоническими режимами палеопротерозойского и мезозойского циклов. К особенностям палеопротерозойского цикла следует отнести региональный метаморфизм пород центральной части Алданского щита, возраст которого оценивается в интервале 1,95—2,6 млрд лет [Котов, 2003]. В этот период, по-видимому, сформировался Якокутский гранитогнейсовый купол в интервале глубин 0—35 км. Условия образования гранитогнейсовых куполов при региональном метаморфизме рассмотрены в работе [Пэк и др., 2012].

Тектонический режим мезозойского цикла характеризуют геодинамические процессы в области взаимодействия докембрийских Северо-Азиатского и Сино-Корейского кратонов [Тектоника ..., 2001]. С этим тектоническим циклом мы связываем образование чашевидной Каларо-Джугджурской структуры Станового мегаблока и Чульманской зоны разуплотнения Алданского мегаблока.

Заключение. В основе построения глубинного разреза земной коры Алдано-Станового щита по линии профиля 3-ДВ принята методика выявления региональных неоднородностей литосферы по результатам анализа сейсмических и гравиметрических данных с последующей типизацией их природы. В сейсмических материалах МОВ—ОГТ в верхней части земной коры (до 35 км) Алдано-Станового щита выделены Якокутская, Чульманская

и Каларо-Джугджурская региональные неоднородности. Якокутской и Чульманской сейсмическим неоднородностям в гравитационном поле соответствуют минимумы амплитудой до 25 мГал.

Глубинное строение Алданского мегаблока в области профиля 3-ДВ определяют Якокутский палеопротерозойский гранитогнейсовый купол и Чульманская латеральная мезозойская зона разуплотнения, разделенные Деслеглиерской синформой. Верхняя часть (0—25 км) Станового мегаблока представлена Каларо-Джугджурской синформой, сложенной породами станового комплекса и блоками высокоградных гранулитов. Существенное (до 10 км) увеличение мощности земной коры Алданского мегаблока объясняется за счет сформированного в палеопротерозое верхнего слоя ювенильной коры в результате проявления кислого магматизма. Сейсмически гомогенный нижний слой (40—52 км) Алданского мегаблока отражает структуру палеоархейской коры с возрастом не менее 3,3 млрд лет.

Высокоградные гранулиты Зверевского блока Каларо-Джугджурской неоднородности Станового мегаблока служили источником золота Чако-Беркакитского россыпного узла, а Якокутский гранитогнейсовый купол в соответствии с предложенной моделью строения земной коры Алданского мегаблока является рудоконтролирующей структурой Центрально-Алданского золотоносного района. Радиально-блоковое строение купола обеспечило внедрение многочисленных мелких интрузий щелочных пород в мезозойский тектономагматический этап и циркуляцию рудоносных растворов, способствовавших также регенерации золотоносной минерализации в метаморфических раннедокембрийских комплексах.

Список литературы

Абрамов В. А. Структура и динамика тектоносферы Алданского щита. Владивосток: Дальнаука, 1993. 161 с.

Алекторова Е. А., Шмураева Л. Я. Проблемы коренной докембрийской золотоносности Дамбукинского блока Алдано-Станового

- щита. В кн.: Докембрий Северной Евразии: Тезисы докладов. Санкт-Петербург: ИГД РАН. 1997. С. 3.
- Антонов А. Ю., Банковская Э. В. Rb-Sr изотопная систематика мезозойских гранитоидов Станового хребта (южное обрамление Алданского щита). В кн.: Геохимические процессы и полезные ископаемые. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2000. С. 163—172.
- Булин Н. К., Афанасьева Н. А., Проняева Е. А., Эрглис Е. И. Глубинный разрез юго-востока Сибирской платформы и ее складчатого обрамления по сейсмическим данным. *Советская геология*. 1972. № 10. С. 134—142.
- Великославинский С. Д., Котов А. Б., Толмачева Е. В., Сальникова Е. Б., Ковач В. П., Ларин А. М. Раннедокембрийские гранитоидно-гнейсовые комплексы центральной части Алданского щита. *Петрология*. 2011. Т. 19. № 4. С. 399—416.
- Вовна Г. М., Мишкин М. А., Сахно В. Г., Зарубина Н. В. Архейская ранняя сиалическая кора Сибирского кратона: ее состав и генезис магматических протолитов. *Докл. АН*. 2009. Т. 429. № 4. С. 509—512.
- Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1:2 500 000. Гл. ред.: Л. И. Красный, Пэн Юньбяо. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ. 1998.
- Геология зоны БАМ. Т. 1: Геологическое строение. Ленинград: Недра, 1988. 443 с.
- Геология Якутской АССР. Гл. ред: Л. И. Красный. Москва: Недра, 1981. 300 с.
- Геохронология докембрия Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Ленинград: Наука, 1968. 332 с.
- Глебовицкий В. А., Котов А. Б., Сальникова Е. Б., Ларин А. М., Великославинский С. Д. Гранулитовые комплексы Джугджуро-Становой складчатой области и Пристанового пояса: возраст, условия и геодинамические обстановки проявления метаморфизма. *Геотектоника*. 2009. № 4. С. 3—15.
- Горошко М. В., Каплун В. Б., Малышев Ю. В., Романовский Н. П., Гурович В. Г. Глубинное строение, магматизм, металлогения Центрально-Алданского блока Алдано-Станового щита. *Тихоокеанская геология*. 2010. Т. 29. № 4. С. 3—18.
- Гошко Е. Ю., Ефимов А. С., Сальников А. С. Современная структура и предполагаемая история формирования земной коры Юго-Востока Северо-Азиатского кратона вдоль опорного профиля 3-ДВ. *Геодинамика и тектонофизика*. 2014. № 3. С. 785—798.
- Гравиметрическая карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. Гл. ред. П. П. Степанов, М. А. Якушевич. Москва: ВНИИ «Геофизика», 1990.
- Гусев Г. С., Хаин В. Е. О соотношениях Байкало-Витимского, Алдано-Станового и Монголо-Охотского террейнов (юг Средней Сибири). *Геотектоника*. 1995. № 5. С. 68—82.
- Диденко А. Н., Ефимов А. С., Нелюбов П. А., Сальников А. С., Старосельцев В. С., Шевченко Б. Ф., Горошко М. В., Гурьянов В. А., Заможная Н. Г. Структура и эволюция земной коры области сочленения Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы: профиль Сковородино-Томмот. *Геология и геофизика*. 2013. Т. 54. № 10. С. 1883—1599.
- Добрецов В. Н., Смелов А. П., Кравченко А. А., Березкин В. И. Средний химический состав нижней коры центральной части Алданского щита по результатам изучения ксенолитов из мезозойских щелочных интрузивов. *Отечественная геология*. 2008. № 6. С. 63—73.
- Докембрийская геология СССР. Отв. ред. Д. В. Рундквист, Ф. П. Митрофанов. Ленинград: Недра, 1988. 440 с.
- Казанский В. И. Уникальный Центрально-Алданский золото-урановый рудный район (Россия). *Геология рудных месторождений*. 2004. Т. 46. № 3. С. 195—211.
- Коген В. С. Золотое оруденение Сутамского узла (Становой хребет). В кн.: Генетические типы и закономерности размещения месторождений золота Дальнего Востока. Новосибирск: Наука, 1976. С. 107—111.
- Котов А. В. Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита: Дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Санкт-Петербург, 2003. 78 с.
- Ларин А. М., Сальникова Е. Б., Котов А. Б., Глебовицкий В. А., Великославинский С. Д., Сорокин А. А., Яковлева С. З., Федосеевко А. М., Анисимова И. В. Раннемеловой возраст регионального метаморфизма ста-

- новой серии Джугджуро-Становой складчатой области: геодинамические следствия. Докл. АН. 2006. Т. 409. № 2. С. 222—226.
- Максимов Е. П., Уютов В. И., Никитин В. М. Перспективы мезозойского эндогенного оруденения в Центрально-Алданском рудном районе. Вестник Госкомгеологии. Материалы по геологии и полезным ископаемым Республики Саха (Якутия). 2004. № 4. С. 34—50.
- Метаморфические фации зоны Байкало-Амурской магистрали. Отв. ред. В. А. Глебовицкий. Ленинград: Наука, 1987. 80 с.
- Нужнов С. В., Полеванов В. П., Сорокин А. П. Основные черты геологического строения и внутриконтинентальной плитной тектоники Джугджуро-Становой эпикратонной орогенной области (Дальний Восток России): Препр. АмурНЦ ДВО РАН. Благовещенск, 1993. 30 с.
- Парфенов Л. М., Берзин Н. А., Ханчук А. И., Бадарч Г., Беличенко В. Г., Булгатов А. Н., Дриль С. И., Кириллова Г. Л., Кузьмин М. И., Ноклеберг У., Прокопьев А. В., Тимофеев В. Ф., Томуртогоо О., Янь Х. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии. Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7—41.
- Подгорный В. Я., Малышев Ю. Ф. Плотностное строение литосферы Алдано-Станового щита. Геофиз. журн. 2006. Т. 28. № 1. С. 68—81.
- Пэк А. А., Мальковский В. И., Кориковский С. П. Реакционно-инфильтрационная неустойчивость фронта гранитизации при зарождении и развитии гранитоидных куполов. Петрология. 2012. Т. 20. № 3. С. 227—241.
- Розен О. М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции. Геотектоника. 2003. № 3. С. 3—21.
- Рудницкая Д. И., Старосельцев В. С., Сальников А. С. Построение макромоделей земной коры с применением Реапак-технологии по геотраверсу 3-ДВ (Восточная Сибирь). Геофизика. 2013. № 1. С. 19—26.
- Сальникова Е. Б., Ларин А. М., Котов А. Б., Сорокин А. П., Сорокин А. А., Великославинский С. Д., Яковлева С. З., Федосеенко А. М., Плоткина Ю. В. Токско-Алгоминский магматический комплекс Джугджуро-Становой складчатой области: возраст и геодинамические обстановки формирования. Докл. РАН. 2006. Т. 406. № 5. С. 652—657.
- Смелов А. П., Зедгенизов А. П., Тимофеев В. Ф. Алдано-Становой щит. В кн.: Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Москва: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. С. 81—104.
- Смелов А. П., Тимофеев В. Ф. Террейновый анализ и геодинамическая модель формирования Северо-Азиатского кратона в раннем докембрии. Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 42—54.
- Стогний Г. А., Стогний В. В. Геолого-геофизическая модель Центрально-Алданского золоторудного района Алдано-Станового щита. Геофизика. 2014. № 3. С. 50—55.
- Стогний Г. А., Стогний В. В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. Якутск: ГУП НИПК «Сахаполиграфиздат», 2005. 174 с.
- Стогний В. В., Стогний Г. А. Тектоническая расслоенность Алдано-Станового геоблока. Новосибирск: Наука, 1997. 151 с.
- Суворов В. Д., Корнилова З. А. Глубинное строение Алданского щита по данным сейсмологии близких землетрясений. Геология и геофизика. 1985. № 2. С. 86—93.
- Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). Отв. ред. Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. Москва: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
- Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центральноазиатского и Тихоокеанского поясов. Отв. ред. Л. П. Карсаков, Чжао Чуньцзин, Ю. Ф. Малышев, М. В. Горошко. Хабаровск: ДВО РАН, 2005. 264 с.
- Тектоника Якутии. Отв. ред. Ю. Н. Трушков. Новосибирск: Наука, 1975. 98 с.
- Тектоническая природа геофизических полей Дальнего Востока. Отв. ред. Ю. А. Косыгин, Ю. Ф. Малышев, В. Я. Подгорный. Москва: Наука, 1984. 200 с.
- Угрюмов Ар.Н. Соотношение кристаллических комплексов архея с «базальтовым» слоем

- земной коры на Алданском щите. В кн.: Тектоника Сибири. Москва: Наука, 1981. С. 112—118.
- Хераскова Т. Н., Яковлев Д. В., Пиманова Н. Н., Березнер О. С. Строение Алданского щита и зоны его сочленения с Центрально-Азиатским складчатым поясом по геофизическим данным интерпретации трансектов «3-ДВ» и «Тында-Амурзет». *Геотектоника*. 2018. № 1. С. 3—27.
- Шкодзинский В. С. Глобальная петрология по современным данным о горячей гетерогенной акреции Земли. Якутск: Изд. дом СВФУ. 2018. 244 с.
- Bohlen, S. R. (1991). On the formation of granulites. *Journal Metamorphic Geology*, 9, 223—229. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1991.tb00518.x>.
- Gavricova, S. N., Nutman, A. P., & Chernyshev, I. V. (1990). Geochemistry and SHRIMP U-Pb zircon geochronology of tonalites and mafic rocks from the Gilyuy area, Stanovic, USSR: *Third international archaean simposium. Perth. Abstracts* (pp. 127—130).
- Hastie, A. R., & Fitton, J. G. (2019). Eoarchaean tectonics: New constraints from high pressure-temperature experiments and mass balance modeling. *Precambrian Research*, 325, 20—38. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.02.006>.
- Li, D., Hollings, P., Chen, H., Sun, X., Tan, C., & Zurevinski, S. (2020). Zircon U-Pb and Lu-Hf systematics of the Western Superior craton, Canada: mantle-crust interaction and mechanism(s) of craton formation. *Gondwana Research*, 78, 231—277. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.09.006>.
- Nutman, A. P., Chernyshev, I. V., Baadsgaard, H., & Smelov, A. P. (1992). The Aldan shield of Siberia, USSR: the age of its Archaean components and evidence for widespread reworking in the Mid-Proterozoic. *Precambrian Research*, 54(1-2), 195—210. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(92\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0301-9268(92)90070-5).
- Rozen, O. M., Condie, K. S., Natapov, L. M., & Nozhkin, A. D. (1994). Archean and early Proterozoic evolution of the Siberian craton, a preliminary assessment. In K. C. Condie (Ed.), *Arcean crustal evolution* (pp. 411—459). Amsterdam: Elsevier.
- Stogny, G. A., & Stogny, V. V. (1995). Tectonic setting of the granulite belts in the south of the Aldan shield (Siberia, Russia). *Journal of the Czech Geological Society*, 40(3), 46.
- Zlatopolsky, A. (1997). Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA. *Computers & Geosciences*, 23(1), 45—62. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(96\)00053-2](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(96)00053-2).

Inhomogeneities of the earth's crust of the Aldan-Stanovoy shield along the 3-DV profile (Eastern Siberia, Russia)

V. V. Stogny, G. A. Stogny, 2021

Kuban State University, Krasnodar, Russia

Profile 3-DV (Skovorodino-Tommot) crosses in the sublatitudinal direction the Stanovoy and Aldan megablocks of the Aldan-Stanovoy shield. As the basic elements of the Earth's crust section along the profile 3-DV, a technique was adopted for identifying regional inhomogeneities of the lithosphere based on the results of the analysis of seismic and gravimetric data with subsequent typification of their nature. According to the SRM-CMP data, in the upper part of the section (up to 35 km) of the Aldan megablock, the Yakokut and Chulman heterogeneities are distinguished, and the Stanovoy megablock — the Kalara-Dzhugdzhur heterogeneity. The Yakokut and Chulman seismic inhomogeneities in the gravitational field correspond to minima with an the amplitude of up to 25 mGal. The gravitational field of the Kalara-Dzhugdzhur heterogeneity is mosaic and reflects its block structure.

It is shown that the deep structure of the Aldan megablock in the area of the 3-DV profile is determined by the Yakokut granite-gneiss dome and Chulman sublateral decompression zone, and the upper part (0—25 km) of the Stanovoy megablock is represented by the Kalar-Dzhugdzhur structure, composed of the Stanovoy complex of rocks and blocks of highpressure granulites. A significant (up to 10 km) increase in the thickness of the earth's crust of the Aldan megablock is explained by the presence of the upper layer juvenile crust formed in the Paleoproterozoic as a result of regional metamorphism of igneous rocks. The Earth's crust of the Stanovoy megablock is tectonically rebuilt for almost the entire thickness of up to 40 km during the Mesozoic collision of the Precambrian North Asian and Sino-Korean cratons.

The Yakokut granite-gneiss dome, in accordance with the proposed model of the structure of the Earth's crust of the Aldan megablock, is the ore-controlling structure of the Central Aldan gold-bearing region, and highpressure granulites of the Zverevsky block of the Kalar-Dzhugdzhur heterogeneity of the Stanovoy megablock served as a source of gold in the Chako-Berkakit ore cluster.

Key words: Aldan megablock, Stanovoy megablock, gravity field, Earth's crust, seismic inhomogeneities, geological and geophysical model, granite-gneiss dome, decompression zone.

References

- Abramov, V. A. (1993). *Structure and dynamics of the Aldan shield tectonosphere*. Vladivostok: Dalnauka, 161 p. (in Russian).
- Alektorova, E. A. & Shmuraeva, L. Ya. (1997). Problems of the native Precambrian gold content of the Dambukinsky block of the Aldan-Stanovoy shield. In *Precambrian of Northern Eurasia: Abstracts* (p. 3). St. Petersburg: IGGD RAS (in Russian).
- Antonov, A. Yu. & Bankovskaya, E. V. (2000). Rb-Sr isotope systematics of Mesozoic granitoids of the Stanovoy Range (southern framing of the Aldan Shield). In *Geochemical Processes and Mineral Resources* (pp. 163—172). Irkutsk: Publ. house of Irkutsk State University (in Russian).
- Bulin, N. K., Afanasyeva, N. A., Pronyaeva, E. A. & Erglis, E. I. (1972). Deep section of the south-east of the Siberian platform and its folded frame according to the seismic data. *Sovetskaya geologiya*, (10), 134—142 (in Russian).
- Velikoslavinskiy, S. D., Kotov, A. V., Sal'nikova, E. V., Kovach, V. P., Larin, A. M. & Tolmacheva, E. V. (2011). Early Precambrian granite-gneiss complexes in the Central Aldan shield. *Petrologiya*, 19(4), 382—398 (in Russian).
- Vovna, G. M., Mishkin, M. A., Sakhno, V. G. & Zarubina, N. V. (2009). Archean early sialic crust of the Siberian craton: its composition and genesis of magmatic protoliths. *Doklady AN*, 429(4), 509—512 (in Russian).
- Krasny, L. I., & Peng Yungbiao (Eds.). (1998). *Geological map of Amur region and adjacent areas, scale 1:2 500 000*. Sankt-Petersburg: VSEGEI (in Russian).
- Geology of the BAM zone. Vol. 1. Geological structure. (1988). Leningrad: Nedra, 443 p. (in Russian).
- Krasny, L. I. (Ed.). (1981). *Geology of the Yakut ASSR*. Moscow: Nedra, 300 p. (in Russian).
- Geochronology of the Precambrian of the Siberian Platform and its folded framing. (1968). Leningrad: Nauka, 332 p. (in Russian).
- Glebovitsky, V. A., Kotov, A. B., Sal'nikova, E. B., Larin, A. M., & Velikoslavinskiy, S. D. (2009). Granulite complexes of the Dzhugdzhur-Stanovoi fold region and the Peristanovoi Belt: Age, formation conditions, and geodynamic settings of metamorphism. *Geotectonika*, 43(4), 253—263 (in Russian).
- Goroshko, M. V., Kaplun, V. B., Malyshev, Ya. F., Romanovskiy, N. P. & Gurovich, V. G. (2010). The Deep Structure, Magmatism, and Metallogeny of the Central Aldan Block, Aldan-Stanovoy Shield. *Tikhookeanskaya geologiya*, 29(4), 275—288 (in Russian).
- Goshko, E. Yu., Efimov, A. S., & Sal'nikov, A. S. (2014). The recent structure and the assumed history of formation of the crust in the south-eastern segment of the North Asian Craton along Reference Profile 3-DV. *Geodinamika i tektonofizika*, (3), 785—798 (in Russian).

- Stepanov, P. P. & Yanushevich, M. A. (Eds.). (2004). *Gravimetric Map of Russia, scale 1:2 500 000* Sankt-Petersburg: VSEGEI (in Russian).
- Gusev, G. S. & Khain, V. E. (1995). On the relationships of the Baikal-Vitim, Aldan-Stanovoy and Mongol-Okhotsk terranes (south of Central Siberia). *Geotektonika*, (5), 68—82 (in Russian).
- Didenko, A. N., Efimov, A. S., Nelyubov, P. A., Sal'nikov, A. S., Starosel'tsev, V. S., Shevchenko, B. F., Goroshko, M. V., Gur'yanov, V. A. & Zamozhnyaya, N. G. (2013). Structure and evolution of the Earth's crust in the region of junction of the Central Asian Fold Belt and the Siberian platform: Skovorodino-Tommot profile. *Russian Geology and Geophysics*, 54(10), 1236—1249. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.09.008> (in Russian).
- Dobretsov, V. N., Smelov, A. P., Kravchenko, A. A. & Berezkin, V. I. (2008). The average chemical composition of the lower crust of the Aldan shield central part according to the results of a study of xenoliths from Mesozoic alkaline intrusives. *Otechestvennaya geologiya*, (6), 63—73 (in Russian).
- Rundqvist, D. V. & Mitrofanov, F. P. (Eds.). (1988). *Precambrian Geology of the USSR*. Leningrad: Nedra, 440 p. (in Russian).
- Kazanskiy, V. I. (2004). The unique Central Aldan Gold-Uranium Ore District (Russia). *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, 46(3), 67—181 (in Russian).
- Kogen, V. S. (1976). Gold mineralization of the Sutam knot (Stanovoy ridge) In: *Genetic types and patterns of distribution of gold deposits in the Far East* (pp. 107—111). Novosibirsk: Nauka (in Russian).
- Kotov, A. V. (2003). Boundary conditions of geodynamic models for the formation of the continental crust of the Aldan Shield: Dis. ... Dr. geol.-min. sciences. St. Petersburg, 78 p. (in Russian).
- Larin, A. M., Sal'nikova, E. B., Kotov, A. B., Glebovitsy, V. A., Velikoslavinsky, S. D., Sorokin, A. A., Yakovleva, S. Z., Fedoseenko, A. M. & Anisimova, I. V. (2006) Early Cretaceous age of regional metamorphism of the Stanovoi Group in the Dzhugdzhur-Stanovoi Foldbelt: Deodynamic implications. *Doklady AN*, 409(2), 222—226 (in Russian).
- Maksimov, E. P., Uyutov, V. I. & Nikitin, V. M. (2004) Prospects of Mesozoic endogenous mineralization in the Central Aldan ore region (2004). *Bulletin of Goskomgeologii. Materials on geology and minerals of the Republic of Sakha (Yakutia)*, (4), 34—50 (in Russian).
- Glebovitskiy, V. A. (Ed.). (1987). *Metamorphic facies of the Baikal-Amur Mainline zone*. Leningrad: Nauka, 80 p. (in Russian).
- Nuzhnov, S. V., Polevanov, V. P. & Sorokin, A. P. (1993). The main features of the geological structure and intracontinental plate tectonics of the Dzhugdzhur-Stanovoy epicratonic orogenic region, Far East of Russia. *Preprint AmurNTS DVO RUN*. Blagoveshchensk, 30 p. (in Russian).
- Parfenov, L. M., Berzin, N. A., Khanchuk, A. I., Bardarch, G., Belichenko, V. G., Bulgatov, A. N., Dril', S. I., Kirillova, G. L., Kuz'min, M. I., Nokleberg, U., Prokop'ev, A. V., Timofeev, V. F., Tourtogoo, O. & Yan, Kh. (2003). A model of orogenic belts formation in Central and North-east Asia. *Tikhookeanskaya Geologiya*, 22(6), 7—41 (in Russian).
- Podgorny, V. Ya. & Malyshev, Yu. F. (2006). Density structure of the Aldan-Stanovoy shield lithosphere. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 28(1), 68—81 (in Russian).
- Pek, A. A., Mal'kovsky, V. I. & Korikovskiy, S. P. (2012). Reactive infiltration instability of a granitization during the generation and development of granite-gneiss domes. *Petrologiya*, 20(3), 205—217.
- Rozen, O. M. (2003). The Siberian Craton: Tectonic zonation and stages of evolution. *Geotektonika*, 37(3), 175—193 (in Russian).
- Rudnitskaya, D. I., Starosel'tsev, V. S. & Sal'nikov, A. S. (2013). Construction of a macromodel of the Earth's crust using Reapak technology based on 3-DV geotraverse (Eastern Siberia). *Geofizika*, (1), 19—26 (in Russian).
- Salnikova, E. B., Larin, A. M., Kotov, A. B., Sorokin, A. P., Sorokin, A. A., Velikoslavinsky, S. D., Yakovleva, S. Z., Fedoseenko, A. M. & Plotkina, Yu. V. (2006). Tokko-Algominskii magmatic complex of the Dzhugdzhur-Stanovoy fold area: age and geodynamic setting of formation. *Doklady RAN*, 406(5), 652—657 (in Russian).
- Smelov, A. P., Zedgenizov, A. P. & Timofeev, V. F. Aldan-Stanovoy shield (2001). In: *Tectonics*,

- Geodynamics, and Metallogeny of the Republic Sakha Territory, Yakutia* (pp. 81—104). Moscow: MAIK «Nauka/Interperiodika» (in Russian).
- Smelov, A. P. & Timofeev, V. F. (2003). Terrane analysis and geodynamic model of the formation of the North Asian craton in the Early Precambrian. *Tikhookeanskaya geologiya*, 22(6), 42—54 (in Russian).
- Stogny, G. A. & Stogny, V. V. (2014). Geological and geophysical model of the Central Aldan gold ore region of the Aldan-Stanovoy shield. *Geofizika*, (3), 50—55 (in Russian).
- Stogny, G. A. & Stogny, V. V. (2005). *Geophysical fields of North Asia eastern part craton*. Yakutsk: Sakhapoligrafizdat, 174 p. (in Russian).
- Stogny, V. V. & Stogny, G. A. (1997). *Tectonic layering of the Aldan-Stanovoy geoblock*. Novosibirsk: Nauka, 151 p. (in Russian).
- Suvorov, V. D. & Kornilova, Z. A. (1985). Deep structure of the Aldan shield according to seismology of nearby earthquakes. *Geologiya i geofizika*, (2), 86—93 (in Russian).
- Parfenov, L. M. & Koz'min, M. I. (Eds.). (2001). *Tectonics, Geodynamics, and Metallogeny of the Republic Sakha Territory, Yakutia*. Moscow: MAIK «Nauka/Interperiodika», 571 p. (in Russian).
- Karsakov, L. P., Zhao Chunjin, Malyshev, Yu. F. & Goroshko, M. V. (Eds.). (2005). *Tectonics, deep structure, metallogeny of the Central Asian — Pacific belts junction area*. Vladivostok-Khabarovsk: FEB RAS, 264 p. (in Russian).
- Trushkov, Yu. N. (Ed.). (1975). *Tectonics of Yakutia*. Novosibirsk: Nauka, 198 p. (in Russian).
- Kosygin, Yu. A., Malyshev, Yu. F., Podgornyy, V. Ya. (Ed.). (1984). *Tectonic nature of geophysical fields of the Far East*. Moscow: Nauka, 200 p. (in Russian).
- Ugryumov, Ar. N. (1981). Correlation of Archean crystalline complexes with the «basalt» layer of the Earth's crust on the Aldan shield. In: *Tectonics of Siberia* (Vol. X, pp. 112—118). Moscow: Nauka (in Russian).
- Kheraskova, T. N., Yakovlev, D. V., Pimanova, N. N. & Berezner, O. S. (2018) Conjugation with the Central Asian foldbelt: interpretation of the 3DV and Tynda-Amurzet transeks. *Geotektonika*, 52(1), 1—21 (in Russian).
- Shkodzinsky, V. S. (2018). *Global petrology based on modern data on the hot heterogeneous accretion of the Earth*. Yakutsk: SVFU, 244 p. (in Russian).
- Bohlen, S. R. (1991). On the formation of granulites. *Journal Metamorphic Geology*, 9, 223—229. <https://doi.org/10.1111/j.1525-1314.1991.tb00518.x>.
- Gavricova, S. N., Nutman, A. P., & Chernyshev, I. V. (1990). Geochemistry and SHRIMP U-Pb zircon geochronology of tonalites and mafic rocks from the Gilyuy area, Stanovic, USSR: *Third international archaean simposium. Perth. Abstracts* (pp. 127—130).
- Hastie, A. R., & Fitton, J. G. (2019). Eoarchaean tectonics: New constraints from high pressure-temperature experiments and mass balance modeling. *Precambrian Research*, 325, 20—38. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2019.02.006>.
- Li, D., Hollings, P., Chen, H., Sun, X., Tan, C., & Zurevinski, S. (2020). Zircon U-Pb and Lu-Hf systematics of the Western Superior craton, Canada: mantle-crust interaction and mechanism(s) of craton formation. *Gondwana Research*, 78, 231—277. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.09.006>.
- Nutman, A. P., Chernyshev, I. V., Baadsgaard, H. & Smelov, A. P. (1992). The Aldan shield of Siberia, USSR: the age of its Archean components and evidence for widespread reworking in the Mid-Proterozoic. *Precambrian Research*, 54(1-2), 195—210. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(92\)90070-5](https://doi.org/10.1016/0301-9268(92)90070-5).
- Rozen, O. M., Condie, K. S., Natapov, L. M., & Nozhkin, A. D. (1994). Archean and early Proterozoic evolution of the Siberian craton, a preliminary assessment. In K. C. Condie (Ed.), *Arcean crustal evolution* (pp. 411—459). Amsterdam: Elsevier.
- Stogny, G. A., & Stogny, V. V. (1995). Tectonic setting of the granulite belts in the south of the Aldan shield (Siberia, Russia). *Journal of the Czech Geological Society*, 40(3), 46.
- Zlatopolsky, A. (1997). Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA. *Computers & Geosciences*, 23(1), 45—62. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(96\)00053-2](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(96)00053-2).

Неоднорідності земної кори Алдано-Станового щита за профілем 3-ДВ (Східний Сибір, Росія)

В. В. Стогний, Г. О. Стогній, 2021

ФДБОУ ВО «Кубанський державний університет», Краснодар, Росія

Профіль 3-ДВ (Сковородино—Томмот) перетинає у субширотному напрямку Становий і Алданський мегаблоки Алдано-Станового щита. Для дослідження базових елементів розрізу земної кори за профілем 3-ДВ використано методику виявлення регіональних неоднорідностей літосфери за результатами аналізу сейсмічних і гравіметричних матеріалів з подальшою типізацією їх природи. За даними МВХ—СГТ у верхній частині розрізу (до глибини 35 км) Алданського мегаблока виділені Якокутська і Чульманська неоднорідності, а Станового мегаблока — Каларо-Джугджурська неоднорідність. Якокутській і Чульманській сейсмічним неоднорідностям у гравітаційному полі відповідають мінімуми амплітудою до 25 мГал. Гравітаційне поле Каларо-Джугджурської неоднорідності мозаїчне і відображає її блокову структуру.

Показано, що глибинну будову Алданського мегаблока в межах профілю 3-ДВ визначають Якокутський гранітогнейсовий купол і Чульманська латеральна зона розущільнення, а верхня частина (0—25 км) Станового мегаблока представлена Каларо-Джугджурською структурою, складеною породами станового комплексу і блоками високоградних гранулитів. Істотне (до 10 км) збільшення потужності земної кори Алданського мегаблока пояснюється наявністю сформованої в палеопротерозої ювенільної кори верхнього шару в результаті регіонального метаморфізму магматичних порід. Земна кора Станового мегаблока практично на усю потужність (до 40 км) тектонічно перебудована в процесі мезозойської колізії докембрійських Північноазіатського і Сино-Корейського кратонів.

Якокутський гранітогнейсовий купол, відповідно до запропонованої моделі будови земної кори Алданського мегаблока, є рудоконтролюючою структурою Центрально-Алданського золотоносного району, а високоградні грануліти Звірівського блока Каларо-Джугджурської неоднорідності Станового мегаблока були джерелом золота Чако-Беркакітського розсипного вузла.

Ключові слова: Алданський мегаблок, Становий мегаблок, гравітаційне поле, земна кора, сейсмічні неоднорідності, геолого-геофізична модель, гранітогнейсовий купол, зона розущільнення.