

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, МЕЗОЗОЙСКАЯ ТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА ОБЛАСТИ СОЧЛЕНЕНИЯ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОЯСА И СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

**Б.Ф. Шевченко¹, М.В. Горошко¹, А.Н. Диденко^{1,2}, В.А. Гурьянов¹,
В.С. Старосельцев³, А.С. Сальников³**

¹ Институт тектоники и геофизики им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН, 680063, Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65, Россия

² Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

³ Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья, 630091, Новосибирск, Красный просп., 67, Россия

Тектоническое строение области сочленения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и структур Сибирской платформы, глубинное строение ее земной коры и литосферы, которые основаны на новых геолого-геофизических данных (сейсмические, геоэлектрические, космоструктурные, геологические карты нового поколения), что в сочетании с новыми интерпретационными технологиями (обработка пакетами специализированных программ ранее имевшегося материала) позволили сделать вывод о наличии режима косой коллизии при схождении тектонических плит и, соответственно, слагающих их тектонических элементов при закрытии Монголо-Охотского палеобассейна. О подобном сценарии развития в пределах Алдано-Станового щита свидетельствуют области развития син- и постколлизийного магматизма с их глубинными и геохимическими характеристиками, наличие позднемезозойской складчато-надвиговой зоны. Глубинные «следы» этих тектономагматических событий, установленные при геолого-геофизических модельных построениях, проявлены в виде наклонных глубинных границ раздела коровых и литосферных блоков. На земной поверхности им соответствуют крупные системы разломов — Желтулакский, Северо-Тукурингский, Южно-Тукурингский, Гилуйский, Становой. Установлено, что влияние коллизионных процессов по мере удаления от границы сочленения восточной части Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы (Желтулакский и Северо-Тукурингский сквозькоровые разломы) затухает в северном направлении.

Глубинное строение, тектоника, геодинамика, складчато-надвиговые дислокации, опорные глубинные профили, Центрально-Азиатский складчатый пояс, Сибирская платформа.

THE JUNCTION OF THE EASTERN CENTRAL ASIAN FOLD BELT AND THE SIBERIAN PLATFORM: DEEP STRUCTURE AND MESOZOIC TECTONICS AND GEODYNAMICS

B.F. Shevchenko, M.V. Goroshko, A.N. Didenko, V.A. Gur'yanov, V.S. Starosel'tsev, and A.S. Sal'nikov

The tectonic structure of the junction of the eastern Central Asian Fold Belt and the Siberian Platform, along with the deep structure of the Earth's crust and lithosphere in this region, has been described on the basis of new-generation geological and geophysical data (seismic, geoelectric, and space-structural studies as well as new-generation geological maps), combined with new interpretation techniques (processing of the previous data by special software). The data suggest the existence of oblique collision during the convergence of the tectonic plates and, correspondingly, tectonic units composing these plates, when the Mongol-Okhotsk paleobasin closed. Such a scenario within the Aldan–Stanovoi Shield is evidenced by areas of syn- and postcollisional magmatism, with their deep-level and geochemical characteristics, and by the presence of a Late Mesozoic fold-thrust zone. Deep «traces» of these tectonomagmatic events, detected in the course of geological and geophysical modeling, are manifested as inclined deep boundaries between the crustal and lithospheric blocks. On the Earth's surface they correspond to large fault systems: Dzheltulak, North and South Tukuringra, Gilyui, and Stanovoi. It has been found that the influence of collision decreases northward with distance from the junction of the eastern Central Asian Fold Belt and the Siberian Platform (Dzheltulak and North Tukuringra transcrustal faults).

Deep structure, tectonics, geodynamics, folding and thrusting, reference depth profiles, Central Asian Fold Belt, Siberian Platform

ВВЕДЕНИЕ

Объектом наших исследований является область сочленения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса (ЦАСП) с Сибирской платформой. Под восточной частью Центрально-Азиатского складчатого пояса мы понимаем группу орогенных поясов, которые были сформированы в каледонскую и герцинскую эпохи складчатости, и ряд кристаллических массивов (микроконтинентов) с

докембрийским фундаментом. С севера восточная часть Центрально-Азиатского складчатого пояса отделена зоной глубинных разломов от древней Сибирской платформы. С востока ЦАСП по серии глубинных разломов меридионального и северо-восточного простирания граничит с киммерийским Сихотэ-Алинским орогенным поясом, входящим в состав Тихоокеанского подвижного пояса. В пределах района исследований область сочленения совпадает с границей между современными тектоническими плитами (Амурской и Евразийской).

В основу представлений о геологическом строении, тектонике, геодинамике изучаемой части ЦАСП и Сибирской платформы привлечены данные Л.П. Корсакова с соавторами [Тектоника..., 2005], а также результаты работ [Розен, 2003; Смелов, Тимофеев, 2003; Геодинамика..., 2006; Гурьянов, 2007; Диденко и др., 2010; Горошко и др., 2010 а,б].

Исследования последних лет по изучению глубинного строения земной коры в рамках проекта создания опорных региональных профилей на территории России позволили существенно уточнить глубинную структуру северной границы сочленения ЦАСП и Сибирской платформы, выделить ряд мезозойских тектонических структур, возникших в результате пограничных геодинамических процессов.

Задача работы — обобщение и анализ глубинного строения и геодинамики земной коры и литосферы тектонических структур области сочленения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и Алдано-Станового щита Сибирской платформы на базе данных по опорному профилю 3-ДВ Сквородино—Томмот.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Глубинная структура исследуемой территории (122—129° в.д., 52° и 60° с.ш.) установлена на основании комплекса геолого-геофизических методов в площадном и профильном вариантах. Это результаты сейсмических (МОВ-ОГТ, ГСЗ, КМПВ) и геоэлектрических (МТЗ) исследований, синтеза геологических карт нового поколения, космических снимков (радарная съемка), цифровых моделей потенциальных полей (гравитационное, магнитное), петрофизических данных.

Для полосы профиля 3-ДВ и сопредельных с ней площадей были составлены схемы мощности земной коры (граница Мохоровичича) и подошвы литосферы. В профильном варианте изучением «глубинных корней» тектонических структур [Косыгин, 1983] на первом этапе решались вопросы, связанные со статическим классом моделей (построение одномоделных моделей), а затем проводилась их комплексная интерпретация. Плотностные разрезы созданы на основе методик послойного сейсмогравитационного 2D и трехмерного 3D гравитационного моделирования [Подгорный, 1995; Li, Oldenburg, 1998]. Для адекватной интерпретации расчетных плотностных 2D, 3D разрезов и моделей, аномального магнитного поля, а также для целей тектонического районирования были составлены карты плотности и магнитной восприимчивости горных пород, которые дают представление о распределении плотности и магнитной восприимчивости на уровне приповерхностных участков земной коры. Всего использовано около 100 тыс. определений плотности и магнитной восприимчивости всех типов горных пород в возрастном диапазоне от архея до кайнозоя. Структурные модели, основанные на результатах метода МОВ-ОГТ, получены с применением пакета программ линейного анализа изображений [Zlatopolsky, 1997].

После построения однофакторных (одномоделных) моделей была выполнена их комплексная интерпретация. Процедура состояла в том, что в едином нижнем полупространстве была сформирована наиболее вероятная структурно-геофизическая модель, отвечающая распределению измеренных геофизических полей и петрофизическим характеристикам горных пород в приповерхностном слое земной коры (физико-геологическая модель). Конечная процедура (геологическое толкование физико-геологической модели) — определение вероятного вещественного состава не выходящих на земную поверхность физических тел, их тектоническая принадлежность («тектонические корни»).

В связи с различной детальностью исходных данных и важностью представлений о верхней части разреза земной коры для последующих геодинамических построений, структурно-геофизические и последующие комплексные геолого-геофизические модели выполнены на двух уровнях. Первый уровень — 0—7 км, второй — от земной поверхности до подошвы литосферы. Комплексная геолого-геофизическая модель первого уровня составлена из мономodelей: петрофизической — распределение значений плотности и магнитной восприимчивости горных пород в приповерхностной части коры, плотностной двухмерной и трехмерной, магнитной — распределение магнитоактивных тел, структурный план трасс аномалий (программа КОСКАД, А.В. Петров), скоростной делимости верхней части земной коры (метод КМПВ и волны первых вступлений МОВ-ОГТ). Комплексная геолого-геофизическая модель второго уровня составлена на основании мономodelей: плотностной двухмерной и трехмерной, плотностной в виде структурного плана трасс аномалий (программа КОСКАД, А.В. Петров), сейсмической — структурный план осей пакетов отражений (обработка результатов МОВ-ОГТ программой LESSA), скоростная модель (результат метода ГСЗ), геоэлектрической — структурный план геоэлектрического разреза, геотермической — граница кровли астеносферы.

Для геологического и тектонического обеспечения глубинных построений на район исследований были составлены сводная геологическая карта м-ба 1:1 000 000, тектоническая карта того же масштаба, построенная на структурно-формационной основе, схема тектонического районирования с элементами глубинного строения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

К тектоническим структурам мезозойского возраста, возникших в области сочленения восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса и структур Сибирской платформы (рис. 1), на основании выполненных тектонических построений относятся мезозойско-кайнозойские вулканические и вулканоплутонические структуры. Максимум магматической активности на этой территории пришелся на позднеюрско-раннемеловой период. С вулканическими процессами тесно связан гранитоидный магматизм. В современном срезе вулканы, в зависимости от контролирующих их структурных элементов, сохранились в виде изолированных изометричных полей или протяженных, узких, прерывистых поясов.

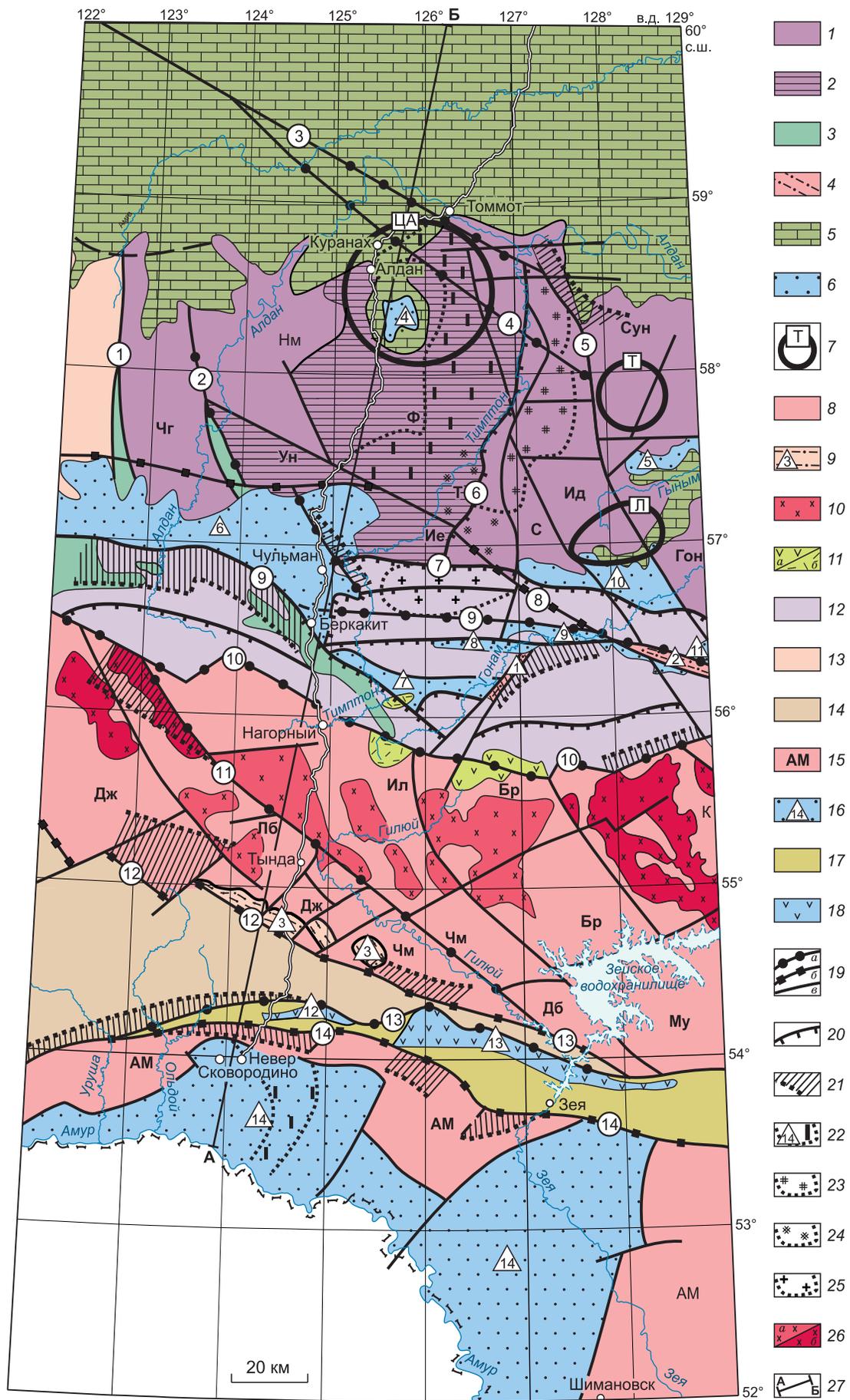
Вулканы ЦАСП представлены Умлеканской и Бириндинской зонами, которые часто включают в состав Умлекано-Огоджинской вулканогенной зоны.

В пределах Сибирской платформы выделен Становой вулканоплутонический пояс. Он прослеживается в широтном направлении вдоль оси Станового линеймента в Становой гранит-зеленокаменной области на 800 км. Возраст магматических комплексов (выделено три этапа) установлен А.М. Лариным с соавторами и равен 142—138, 133 и 127 млн лет [Тектоника..., 2005]. Еще один магматический пояс (Алданский) протягивается параллельно Удско-Становому поясу, но на более значительном удалении от границы ЦАСП и Сибирской платформы. Пояс объединяет многочисленные ареалы незначительных по объему интрузивов, силлов и даек.

Мезозойские депрессионные структуры в пределах восточной части Центрально-Азиатского складчатого пояса представлены Ушумунским осадочным бассейном. Он объединяет область развития юрских и меловых осадочных угленосных отложений на северо-западе Амурской области в верховьях р. Амур. Расположен бассейн в зоне сочленения Аргуно-Мамынского и Дягдачи массивов. Чехол в прогибе представлен согласно залегающими ниже-, средне- и верхнеюрскими терригенными морскими

Рис. 1. Схема тектонического районирования с элементами глубинного строения полосы профиля 3-ДВ.

Сибирская платформа. Алданская гранулит-гнейсовая область: 1 — раннеархейские блоки (алданиды): Гон — Гонамский, Ид — Иджекский, Т — Тимптонский, С — Сеймский, Ие — Иенгрский, Нм — Нимырский, Чг — Чугинский, 2 — позднеархейские блоки, грабен-синклинозные структуры: Сун — Суннагинский, Ун — Унгринский грабен, Ф — Федоровский прогиб; 3 — зеленокаменные пояса; 4 — нижнепротерозойские грабены и прогибы — фрагменты Поярковского авлакогена (цифры 1, 2 в треугольниках): 1 — Атугей-Нуямский, 2 — Давангра-Хугдинский; 5 — венд-кембрийский платформенный чехол; 6 — Южно-Алданская система мезозойских континентальных угленосных впадин и грабенов (цифры 4—11 в треугольниках): 4 — Куранахская, 5 — Верхнегынская, 6 — Чульманская, 7 — Токарикская, 8 — Гувилгринская, 9 — Гонамо-Нуямская, 10 — Ытымжинская, 11 — Токинская; 7 — Магмаглыбовые структуры центрального типа с ареалами субщелочных и щелочных пород различного состава: ЦА — Центрально-Алданская, Т — Тыркандинская, Л — Ломамская; Становая гранит-зеленокаменная область: 8 — блоки раннеархейские: Бр — Брянтинский, Лб — Ларбинский; блоки позднеархейские: Дж — Желтулакский, Ил — Иликанский, К — Купуринский, Чм — Чимчанский; 9 — Желтулакский рифтогенный прогиб (цифра 3 в треугольнике); 10 — гранитоиды Станового позднемезозойского коллизийного вулканоплутонического пояса; 11 — центры позднемезозойского вулканизма: а — среднего, б — кислого составов; 12 — Пристановая складчато-надвиговая зона; 13 — Олекминская гранит-зеленокаменная область. Центрально-Азиатский тектонический пояс: 14 — Селенга-Становой каледонский орогенный пояс; 15 — Аргуно-Мамынский микроконтинент, 16 — Ушумунский мезозойский межгорный молассовый прогиб (цифра 14 в треугольнике); Монголо-Охотский позднепалеозойско-раннемезозойский орогенный пояс: 17 — палеозойские метаморфизованные осадочно-вулканогенные отложения; 18 — позднемезозойские наложенные молассоидные впадины (цифры 12, 13 в треугольниках): 12 — Стрелкинская, 13 — Малотындинская; 19 — крупные глубинные разломы (цифры в кружках): а — мантийные, б — нижнекоровые, в — верхнекоровые: 1 — Амгинский, 2 — Олонгринский, 3 — Русский, 4 — Эльконский, 5 — Тыркандинский, 6 — Тимптонский, 7 — Гонамский, 8 — Хаирский, 9 — Южно-Якутский, 10 — Становой, 11 — Гилойский, 12 — Желтулакский, 13 — Северо-Туруингрский, 14 — Южно-Туруингрский; 20 — участки разломных систем с надвиговой составляющей; элементы глубинного строения: 21 — проекция на земную поверхность осевых частей разломов и поверхности смещения блоков земной коры; 22 — области максимального погружения: Ф — образований Федоровского прогиба (AR₂, глубины 6—8 км), 14 — фундамента Верхнеамурского прогиба (Т₁—J₃, глубины 3—4 км); 23 — область максимальной мощности глиноземистых гнейсов (AR₁, нижняя часть тимптонской серии глубины до 7 км); 24 — область максимальной насыщенности пород тимптонской серии телами лейкократовых гранитов (AR₁, глубины до 7 км); 25 — область максимального погружения нижней границы распространения архейских гранитоидов (AR₁, глубины 4—8 км); 26 — мезозойские гранитоиды Становой гранит-зеленокаменной области: а — маломощные, до глубины 4 км, б — с корневыми частями, до глубины 7—8 км; 27 — линия геологического разреза А—Б.



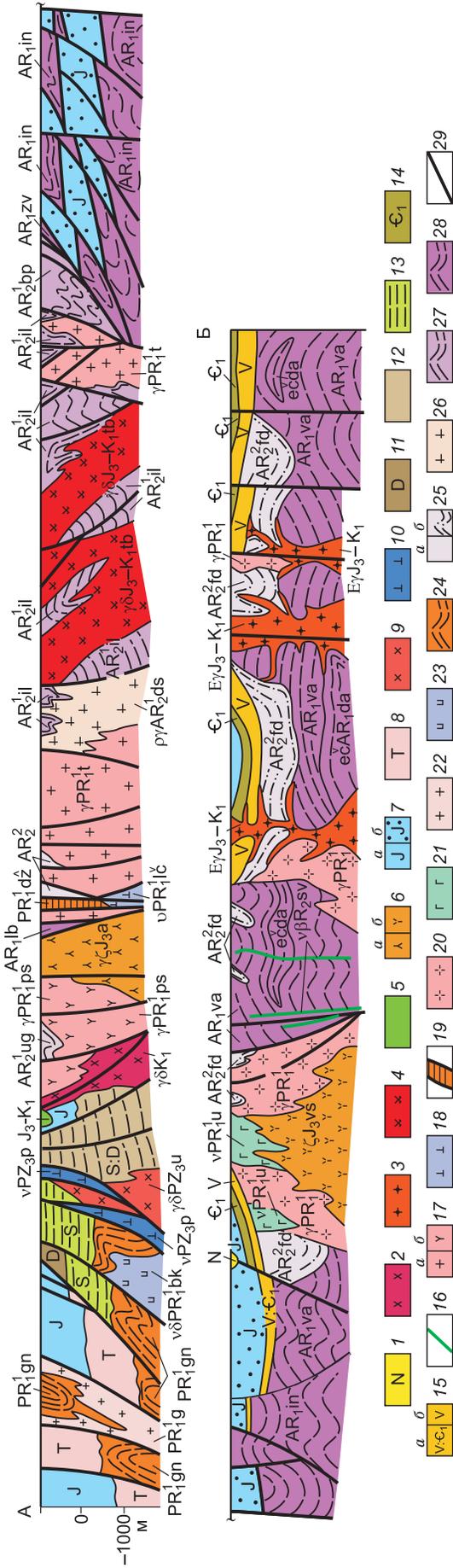


Рис. 2. Геологический разрез в полосе профиля 3-ДВ.

1 — аллювиальные пески, супеси, суглинки, галечники; 2 — верхнеамурский комплекс ($\gamma\delta K_1$): гранодиориты, граниты, гранит-порфиры, диориты, кварцевые диориты; 3 — щелочные граниты и сиениты, кварцевые сиениты и моноклиниты, субщелочные граниты, сиениты, метасоматиты адланского, лебединского, эльконского комплексов ($E\gamma J_3-K_1$); 4 — тындынско-баранский комплекс ($\gamma\delta J_3-K_1b$): гранодиориты, граниты, моноклиниты, диориты, сиениты; 5 — стрелкинский свита: конгломераты, песчаники, гравелиты, алевролиты, аргиллиты, аргиллиты, седиментационные брекчи, туффиты, линзы углей; 6 — а — амуджиканский комплекс ($\gamma\delta J_3a$): граносиениты, гранодиориты, кварцевые сиениты, граниты; б — верхнеелдларский комплекс (ξJ_3vs): сиенит-порфиры, сиениты, кварцевые сиениты, моноклит-порфиры; 7 — а — юрские отложения Верхнеамурского прогиба: песчаники, алевролиты, часто известковистые, прослой аргиллитов, конгломераты, прослой и линзы туфов риолитов, пелловых туфов, линзы каменных углей; б — токо-чульманская серия: песчаники, алевролиты, аргиллиты, аргиллиты, каменные угли, конгломераты; 8 — ульдугинская свита: алевролиты и песчаники иногда известковистые, прослой конгломератов и конгломератов; 9 — удлинский комплекс ($\gamma\delta PZ_3u$): граниты и гранодиориты; 10 — пиканский комплекс (vPZ_3p): габбро, пироксениты, перидотиты, дуниты; 11 — большереберская и имачинская свиты: песчаники и алевролиты известковистые, туфоалевролиты, известняки, сланцы, прослой мергелей, аргиллитов, туффитов, кварцитов, конгломератов; 12 — янканская серия: метапесчаники, метаалевролиты, филлиты, сланцы зеленые, кварциты, известняки, железные руды; 13 — омутнинская свита: песчаники, кварциты, сланцы, алевролиты, гравелиты, конгломераты; 14 — пестроцветная и тумудурская свиты: пестроцветные известняки и доломиты, мергели; 15 — а — венд — нижний кембрий, нерасчлененные: доломиты и известняки глинистые, конгломераты; б — юдомская серия: доломиты, внизу песчаники и конгломераты; 16 — сивалинский комплекс ($v\delta PR_2sv$): дайки габбро-долеритов, долеритов, габбро; 17 — а — тукурингский комплекс (γPR_1p): граниты, гранодиориты, лейкократиты, кварцевые диориты и сиениты; б — позднестановой комплекс (γPR_1ps): субщелочные граниты, кварцевые сиениты, гранодиориты, моноклиниты, сиениты, диориты; 18 — лучанский комплекс ($vPR_1l\delta$): габбронориты, нориты, троктолиты, редко дуниты, перидотиты; 19 — желтулакская серия (PR_1dz): метапесчаники, метаалевролиты, метааргиллиты, сланцы слюдяные, мраморы, линзы метаконгломератов, метабазалты, метапорфиролиты; 20 — каменковский комплекс (γPR_1): лейкократиты, граниты, граносиениты, плагиограниты, гранитогайсы; 21 — унтинский комплекс (vPR_1u): лейкогаббро, монокгаббро, диориты, долериты метаморфизованные; 22 — гонжинский комплекс (γPR_1g): граниты, гранодиориты, плагиограниты, часто гнейсовидные; 23 — бекетский комплекс ($v\delta PR_1bk$): метаморфизованные перидотиты, пироксениты, габбро; 24 — гонжинская серия (PR_1gn): гнейсы и кристаллосланцы роговообманковые, биотит-роговообманковые, амфиболиты; 25 — а — чимчанская свита, одолгинская серия (AR_2^2): гнейсы и сланцы биотитовые, амфибол-биотитовые, двуслюдяные, мраморы; б — федоровская серия (AR_2^2fd): сланцы и гнейсы пироксен-роговообманковые, роговообманковые, диопсидовые, мраморы, кварциты; тела гранитов и гранитогайсов древнефедоровского комплекса; 26 — древнестановой комплекс (PR_1ds): плагиограниты, граниты, гранодиориты, часто гнейсовидные; 27 — иликанская серия (AR_1il): гнейсы и кристаллосланцы роговообманковые, биотит-роговообманковые, гнейсы биотитовые, двуслюдяные, прослой амфиболитов, кварцитов, клинопироксен-роговообманковых плагиотитов; буралинская толща (AR_1bp): гнейсы и сланцы биотит-роговообманковые, биотитовые, амфиболиты, кварциты, мраморы, желтулакская серия (AR_2^2dz): чагдинская серия (AR_2^2cd); 28 — ларбинская серия (AR_1lb): гнейсы и кристаллосланцы амфибол-пироксеновые, амфиболитовые, гранит-биотитовые, гранит-биотитовые, амфиболиты, кварциты; зверевская серия (AR_1zv): гнейсы гранат-биотитовые, биотитовые; кристаллосланцы и гнейсы пироксеновые, роговообманковые, амфиболиты, кварцит; ингрская серия (AR_1in): плагиосланцы биотит-роговообманковые, двулироксен-роговообманковые, биотит-типерстеновые, биотит-пироксеновые, двулироксен-роговообманковые, амфиболиты, кварциты, ингрская серия (AR_1in): гнейсы и кристаллосланцы биотит-роговообманковые, гранат-биотитовые, гранат-пироксеновые, сланцы клинопироксен-роговообманковые, амфибол-пироксеновые, линзы кварцитов; тела эндербитов и чарнокитов древнеалданского комплекса ($esAR_1da$); 29 — разрывные нарушения.

неугленосными и континентальными угленосными верхнеюрскими и нижнемеловыми осадочными толщами. На палеозойские и более древние породы фундамента чехол ложится с резким угловым несогласием. Более мелкие Стрелкинская и Малотындинская осадочные впадины расположены во внутренней части Селенга-Станового орогенного пояса на его границе с Монголо-Охотским поясом. Впадины выполнены нижнемеловыми континентальными угленосными отложениями.

В пределах Алдано-Станового щита Сибирской платформы располагается Южно-Алданская система мезозойских континентальных впадин и грабенов. Представлена она на территории исследований Чульманской, Куранахской, Верхнегынымской, Токариканской, Гувилгринской, Гоначо-Нуямской и Ытымжинской рифтогенными впадинами, выполненными преимущественно юрскими терригенными угленосными комплексами. Здесь также расположена Пристановая складчато-надвиговая зона, носящая унаследованный характер от предшествующих тектонических этапов развития Алдано-Станового щита. В данной работе она выбрана для детального изучения.

Геологические комплексы разного возраста и генезиса, слагающие вышеперечисленные мезозойские структуры и более ранние образования, представлены на линии геологического разреза, построенного в полосе профиля 3-ДВ. По этой же линии была построена скоростная модель земной коры и верхней мантии, основанная на результатах интерпретации данных глубинного сейсмического зондирования (рис. 2).

На основании анализа геолого-геофизических материалов и результатов дешифрирования новых космических снимков (радарная съемка) впервые в виде единого структурного элемента выделена Пристановая зона интенсивного развития складчато-надвиговых дислокаций субширотного простирания. Она прослежена вдоль Станового разлома от его сочленения с Желтулакским глубинным разломом в Восточном Забайкалье до Прибрежной системы северо-восточных разломов на побережье Охотского моря, на расстоянии свыше 1000 км при ширине 50—100 км (рис. 3). Зона расположена в пограничной области между Алданской гранулит-гнейсовой и Становой гранит-зеленокаменной областями. Ее размеры значительно превышают изученный нами фрагмент на территории исследований (см. рис. 1). За северное ограничение Пристановой складчато-надвиговой зоны принята система субширотных надвигов, усложняющих южные границы юрско-меловых впадин (Гоначо-Якутский и др.). Южная граница проходит практически по Становому глубинному разлому сбрососдвигового и надвигового характера.

Главные черты глубинного строения Пристановой складчато-надвиговой зоны нашли свое отражение в геофизических полях и в глубинных моделях земной коры.

В гравитационном поле (аномалии в редукции Буге) в Пристановой зоне выделяются осевой максимум и расположенные на его флангах линейные минимумы [Алакшин, Карсаков, 1985; Тектоника..., 2005]. Осевой линейный максимум на всем своем протяжении соответствует поясу выхода на поверхность пород гранулитовой фации высоких давлений и линейно вытянутым в субширотном направлении ареалам дайкообразных тел, лакколитов и штоков раннепротерозойских мафит-ультрамафитов, непосредственно трассирующих северное крыло Станового линейамента. С севера и юга центральный осевой максимум обрамлен полосами относительно пониженного гравитационного поля. Природа пониженных значений поля на юге обусловлена массивами юрских гранитоидов тындинско-бакаранского комплекса, а на севере отвечает Южно-Алданскому угленосному прогибу.



Рис. 3. Положение Пристановой складчато-надвиговой области в структурах Алдано-Станового щита.

1 — юрские угленосные отложения; 2 — тела ультрамафитов; 3 — межблоковые глубинные разломы: С — Становой, Д — Желтулакский, П — Прибрежный; 4 — надвиги; 5 — направление поддвига комплексов Монголо-Охотского орогенного пояса под Становой мегаблоком; 6 — линия комплексного структурно-геологического разреза в интервале опорного профиля 3-ДВ.

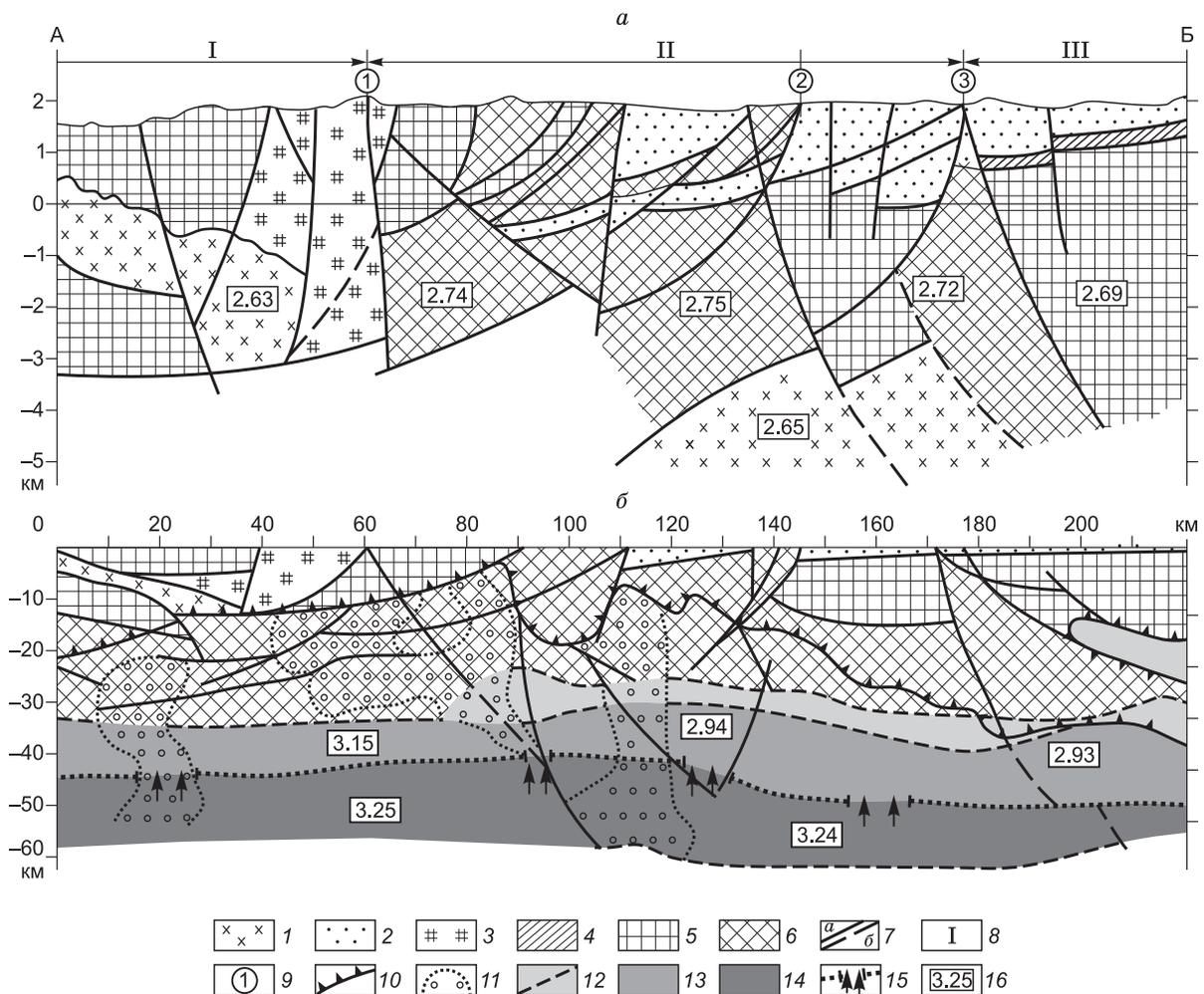


Рис. 4. Комплексный структурно-геологический разрез верхней части земной коры (а), геолого-геофизическая модель земной коры и верхней мантии (б). Положение разреза см. на рис. 1.

1 — юрские интрузии гранитов и гранодиоритов; 2 — юрские угленосные песчано-глинистые отложения; 3 — раннепротерозойские гранитоиды; 4 — породы венд-кембрийского платформенного чехла Сибирской платформы; 5, 6 — метаморфические комплексы: 5 — верхнего архея, 6 — нижнего архея; 7 — тектонические нарушения: а — установленные, б — предполагаемые; 8 — тектонические подразделения: I — Становая гранит-зеленокаменная область, II — Пристановая складчато-надвиговая зона, III — Алданская гранулит-гнейсовая область; 9 — основные разломные системы: 1 — Становая, 2 — Южно-Якутская, 3 — Гонимская; 10 — нижняя граница области верхней-средней коры с повышенным электрическим сопротивлением; 11 — области земной коры и верхней мантии с повышенной электрической проводимостью; 12 — сейсмически-расслоенные комплексы пород средней коры неясной структурно-формационной принадлежности ($v_p = 6.8-7.0$ км/с), их границы; 13 — сейсмически-расслоенные комплексы пород нижней коры неясной формационной принадлежности ($v_p > 7.0$ км/с); 14 — верхнемантийная область повышенных скоростей ($v_p > 8.0$ км/с); 15 — подошва земной коры (граница М) с мантийными «окнами» и направлением движения мантийных флюидов; 16 — эффективные значения плотности отдельных тел и слоев в земной коре и верхней мантии (10^3 кг/м³).

Интерпретация геофизических данных (сейсмических) указывает на то, что ПрСНЗ расположена в зоне смены типов земной коры от двуслойного (Становой мегаблок) к трехслойному (Алданский мегаблок).

В расчетной плотностной 2D модели уровню верхней коры Пристановой зоны соответствуют области эффективных значений плотности $(2.73-2.75) \cdot 10^3$ кг/м³. В 3D плотностной модели конфигурация этой области значительно усложняется. Она распадается на два относительно изолированных тела с различной эффективной плотностью. Граница между этими телами, в проекции на земную поверхность, отвечает зоне Южно-Якутского надвига. Распределение трасс аномалий магнитоактивных тел (магнитная модель) подчеркивает обособленность Пристановой зоны. Такая же обособленность проявляется в структурном плане скоростной модели (данные метода КМПВ). В комплексном виде модель верхней части земной коры представлена на рис. 4, а.

Модели для более глубоких уровней — 2D и 3D плотностные, геоэлектрическая (данные МТЗ), сейсмические (данные ГСЗ, МОВ-ОГТ), сейсмологическая (данные МОВЗ), тепловая (подошва литосферы) усиливают обособленность Пристановой складчато-надвиговой зоны от сопредельных тектонических элементов земной коры.

Глубинные характеристики земной коры и литосферной мантии, полученные на основе комплекса геофизических методов, позволили построить геолого-геофизическую модель земной коры и верхней мантии (см. рис. 4, б).

Системы разломов, ограничивающие Пристановую складчато-надвиговую зону (Становая и Гонимская), имеют сквозькоровую природу и сопряжены с мантийными «окнами» (разрывы в подошве коры). Под мантийными «окнами» нами понимаются каналы проникновения мантийного вещества в земную кору вдоль зон глубинных разломов. Подобные структуры выделялись по результатам метода МОВЗ [Булин и др., 1972] исследователями из СНИИГГиМСа вдоль профиля 2-ДВ.

Установленные особенности геологического строения территории указывают на преобразование земной коры в коллизионной зоне сжатия [Тектоника..., 2005] до уровня границы поверхности М. Тектонические движения в Пристановой зоне продолжаются и в настоящее время. На это указывает интенсивное проявление в ней разноглубинных землетрясений различного энергетического класса [Тектоника..., 2001].

Постюрский возраст становления зоны обосновывается [Амарский, Ветлужских, 1990; Тектоника..., 2001] наличием надвига архейских метаморфитов Станового мегаблока на юрские терригенные отложения Чульманской и других впадин [Кулаков, 1982]; присутствием в зонах меланжа уплощенных глыб и обломков архейских метаморфитов и юрских песчаников; К-Аг датировками диафоритов и динамопород по архейским метаморфическим комплексам (109—152 млн лет); временем образования массивов известково-щелочных коллизионных гранитоидов тындинско-бакаранского и других комплексов в 142—154 млн лет [Шевченко и др., 2010].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В юрское время на месте Пристановой складчато-надвиговой зоны был заложен Южно-Алданский рифтогенный угленосный прогиб протяженностью свыше 700 км и шириной 100—150 км. В постюрское время в зоне развивались интенсивные складчато-надвиговые деформации субширотного простирания, захватившие и юрские осадки Южно-Алданского прогиба. В современном виде сдвигонадвиговыми дислокациями прогиб разделен на фрагменты, выделяемые как отдельные впадины (Чульманская, Токинская и др.), и так называемые «грабены», являющиеся ничем иным, как эрозийными «окнами» в аллохтонных покровах метаморфических толщ или выведенными на поверхность юрскими отложениями в ограниченных разломами тектонических клиньях. К востоку от Токинской впадины, в бассейне р. Большой Тыркан, юрские отложения установлены только бурением под покровом гнейсов мощностью свыше 100 м и на земной поверхности не наблюдаются [Горошко, 1992]. Восточнее, в бассейне р. Мая Половинная, фрагменты юрских отложений эрозией выведены на земную поверхность из-под покровов докембрийских толщ. Полагаем, что в юрских образованиях Южно-Якутского прогиба, включая и перекрытые докембрийскими аллохтонами, могут быть заключены гигантские запасы каменных углей.

На восточном фланге Пристановой зоны (см. рис. 3), в бассейне верхнего течения р. Мая Половинная, при поисковых работах на никель выявлены тела ультрамафитов [Гурьянов и др., 2006], которые установлены в виде трех ярусов, являющихся составной частью пологопадающих (10—25°) на север-северо-восток чешуйчато-надвиговых структур. Вещественным выполнением этих дизъюнктивов являются blastsмилониты, представленные плотными и массивными слюдяно-эпидот-амфиболовыми, хлорит-актинолитовыми и полевошпат-кварц-тремолит-актинолитовыми сланцами. Для тел ультрамафитов и структурно сопряженных с ними blastsмилонитов зон древних разломов характерны пологие (10—25°) на север-северо-восток углы падения, а для сложнодислоцированных пород фундамента углы падения метаморфической полосчатости, гнейсовидности, контактов разных слоев и складчатости вне зоны надвигов, как правило, крутые (от 40—50° до 90°) в северо-восточных и юго-западных, реже северных и южных румбах. Мощности зон blastsмилонитизации в подошве тел ультрамафитов варьируют от 0.1—1 до 10—30 м, в кровле редко превышают 1—3 м. Для blastsмилонитов этих зон типичны сланцеватые, линзовидно-послойные и плейчатые, иногда с мелкими складками волочения или продавливания, с элементами будинирования и пластического течения текстуры и структуры. Еще восточнее, в Пристановой зоне геофизическими исследованиями доказано пологое аллохтонное залегание архейских анортозитов Геранского массива в виде пластины мощностью 5—7 км, не имеющей корней [Шевченко и др., 2010].

По всей вероятности, выведенные на земную поверхность в центральной части зоны гранулиты Зверевского, Сутамского и других блоков следует рассматривать как выходы на дневную поверхность нижних горизонтов земной коры (см. рис. 4). Установленный характер залегания разновозрастных комп-

лексов пород в Пристановой зоне указывает на существование в этой части Алдано-Станового щита в позднем мезозое коллизионной обстановки сжатия [Тектоника..., 2001], которое сопровождалось сдвигонадвиговыми дислокациями. В связи с этим, Пристановая зона представляет собой широкую полосу проявления надвигочешуйчатой и складчато-надвиговой тектоники, в которой имеют место тектонические смещения как мелких пластин, линз и чешуй разновозрастных метаморфических комплексов, так и юрских отложений. Тектонические пластины докембрийских пород сложены разнообразными по составу и условиям метаморфизма породами: гранулитами, ортогнейсами тоналит-грондьемитового состава, эндрбитогнейсами, плагиогнейсами, пириболитами, дзюпироксеновыми, роговообманково-пироксеновыми, гиперстеновыми кристаллическими сланцами, плагиоэклогитами, анортозитами, габброидами, гранитами, позднепротерозойскими и раннепротерозойскими зеленокаменными породами, линзами ультраосновных сланцев и кварцитов.

Палеомагнитные реконструкции и палинспастические модели для мезозойского периода для этой территории [Диденко и др., 2010] указывают на то, что история развития Пристановой складчато-надвиговой зоны тесно связана с коллизионными процессами, происходившими в зоне стыка Сибирской платформы с расположенными к югу от нее микроконтинентами и фрагментами орогенных поясов: Центрально-Азиатского и Монголо-Охотского. В зоне коллизионного шва (современные Джелтулакский и Северо-Тукурингский разломы) происходил подвиг образований Монголо-Охотского орогенного пояса под Алдано-Становой щит. С процессами коллизии связано и внедрение гранитоидов Станового плутогенного пояса (см. рис. 1). Их коллизионную природу подчеркивают геохимические, геохронологические, изотопно-геохимические данные [Стриха, 2005; Горошко и др., 2010 а,б].

Огромное давление со стороны погружающейся плиты вызвало срыв и выдавливание тектонических пластин со средних и, возможно, нижних горизонтов земной коры в верхние ее этажи в зоне Станового глубинного разлома. В результате этих процессов тектонические пластины метаморфических пород высоких степеней регионального метаморфизма были надвинуты на юрские терригенные образования Южно-Алданского прогиба и метаморфические толщи Алданского мегаблока. Процесс надвига проходил дискретно, о чем свидетельствует степень дислоцированности юрских отложений южной части хорошо изученной Чульманской впадины. В последней установлены антиклинальные и синклинальные складки шириной до нескольких километров с углами наклона крыльев от 3—5° до 60—80°, осложненные многочисленными субпараллельными сбросами, наклоненными к югу. В северной части впадины юрские отложения не затронуты складчатостью и погружаются к югу моноклинально под углами от 1—2° до 5—7°.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании новых геолого-геофизических материалов получены принципиально новые данные о тектонике, глубинном строении и геодинамике земной коры и верхней мантии в пределах полосы опорного профиля 3-ДВ и прилегающей к нему территории, которая охватывает область сочленения восточной части Центрально-Азиатского пояса и Сибирской платформы. На примере Пристановой складчато-надвиговой зоны рассмотрена структура земной коры, геодинамический сценарий ее формирования, уточнено ее пространственное расположение и линейные размеры — протяженность, ширина. Положение Пристановой зоны в геодинамической эволюции региона, время и место ее формирования тесно связаны с коллизионными процессами, охватывавшими весь объем земной коры, происходившими в мезозое в области взаимодействия Сибирской платформы с расположенными к югу от нее микроконтинентами и фрагментами орогенных поясов. Она представляет собой пакет смятых в складки тектонических пластин пород Становой гранит-зеленокаменной области, надвинутых в позднем мезозое на комплексы Алданской гранулит-гнейсовой области. Состав пластин чрезвычайно многообразен и представлен породами гранулитовой, эклогитовой, амфиболитовой и зеленосланцевой фаций метаморфизма, которые слагали не только верхние, но и средние и нижние горизонты земной коры.

Установлено, что юрский Южно-Якутский прогиб, расположенный в зоне влияния Пристановой складчато-надвиговой зоны, представляет собой единую структуру, частично перекрытую покровами архейских метаморфических пород, что значительно расширяет перспективы его угленосности.

Работа выполнена в рамках интеграционной программы ОНЗ РАН «Строение и формирование основных геологических структур подвижных поясов и платформ» (проект № 09 1 ОНЗ 10).

ЛИТЕРАТУРА

Алакшин А.М., Карсаков Л.П. Глубинное строение Станового структурного шва // Тихоокеанская геология, 1985, № 3, с. 76—86.

Амарский В.Г., Ветлужских В.Г. Пакеты надвиговых пластин, меланж и формации мезозоя в зоне сочленения Становой области и Алданского щита // Геология и геофизика, 1990 (2), с. 8—12.

Булин Н.К., Афанасьева Н.А., Проняева Е.А., Эрглис Е.И. Глубинный разрез юго-востока Сибирской платформы и ее складчатого обрамления по сейсмологическим данным // Советская геология, 1972, № 10, с. 134—140.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. В 2 кн. / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток, Дальнаука, 2006, кн. 1, 572 с.; кн. 2, 410 с.

Горошко М.В. Влияние пострудных дислокаций и процессов магматизма на оценку месторождений (на примере Алданского щита и Ханкайского массива) // Тихоокеанская геология, 1992, № 4, с. 77—82.

Горошко М.В., Каплун В.Б., Малышев Ю.Ф., Романовский Н.П., Гурович В.Г. Глубинное строение, магматизм, металлогения Центральнo-Алданского блока Алдано-Станового щита // Тихоокеанская геология, 2010а, т. 29, № 4, с. 3—18.

Горошко М.В., Каплун В.Б., Малышев Ю.Ф. Джелтулакский разлом: глубинное строение, эволюция, металлогения // Литосфера, 2010б, № 6, с. 38—54.

Гурьянов В.А. Геология и металлогения Улканского района (Алдано-Становой щит). Владивосток, Дальнаука, 2007, 227 с.

Гурьянов В.А., Приходько В.С., Пересторонин А.Н., Петухова Л.Л., Поточкин Ю.П., Соболев Л.П. Никеленосные мафит-ультрамафиты Восточного Становика // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России: материалы Дальневосточной региональной конференции, посвященной памяти А.П. Васьяковского и в честь его 95-летия. Магадан, 28—30 ноября 2006 г. Магадан, СВНЦ ДВО РАН, 2006, с. 117—119.

Диденко А.Н., Каплун В.Б., Малышев Ю.Ф., Шевченко Б.Ф. Структура литосферы и мезозойская геодинамика восточной части Центральнo-Азиатского пояса // Геология и геофизика, 2010, т. 51 (5), с. 629—647.

Косыгин Ю.А. Тектоника. М., Недра, 1983, 536 с.

Кулаков В.В. Некоторые особенности структуры Южно-Якутского каменноугольного бассейна // Геотектоника, 1982, № 4, с. 36—41.

Подгорный В.Я. Методика послойного определения плотности // Тихоокеанская геология, 1995, т. 14, № 6, с. 103—108.

Розен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника, 2003, № 3, с. 3—21.

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.

Стриха В.Е. Позднемезозойские гранитоиды запада Улемкано-Огоджинской вулканоплутонической зоны Верхнего Приамурья: новые геохимические, геохронологические и изотопно-геохимические данные // Литосфера, 2005, № 2, с. 135—151.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Под ред. Л.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. М., МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001, 571 с.

Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центральнo-Азиатского и Тихоокеанского поясов / Под ред. Л.П. Карсакова, Чжао Чуньцин, Ю.Ф. Малышева, М.В. Горошко. Объяснительная записка к Тектонической карте м-ба 1:1 500 000. Владивосток, Хабаровск, ООО «Хабаровское УПП ВОС», 2005, 263 с.

Шевченко Б.Ф., Горошко М.В., Гурьянов В.А., Диденко А.Н., Сальников А.С., Соловьев В.М. Структура и геолого-геофизическая модель области сочленения восточной части Центральнo-Азиатского складчатого пояса и южной части Сибирской платформы // Геодинамическая эволюция литосферы Центральнo-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Материалы научного совещания по Программе фундаментальных исследований ОНЗ РАН. Т. 2. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2010, с. 154—155.

Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Computs. and Geosci., 1997, v. 23, № 1, p. 45—62.

Li Y., Oldenburg D.W. 3D inversion of gravity data // Geophysics, 1998, v. 63, p. 109—119.

*Поступила в редакцию
11 апреля 2011 г.*