УДК 550.834

Модели земной коры и верхней мантии по результатам глубинного сейсмопрофилирования. Материалы Международного научно-практического семинара. Роснедра, ВСЕГЕИ. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 245 с.

ISBN 978-5-93761-101-7

Сборник материалов Международного научно-практического семинара, прошедшего 18–20 сентября 2007 г. в С.-Петербурге, включает доклады, посвященные методике и результатам глубинных сейсмических исследований континентальной суши и морских акваторий. Сборник адресован геологам и геофизикам, занимающимся изучением земной коры и верхней мантии, и может быть полезен аспирантам и студентам старших курсов геолого-геофизических специальностей.

Models of the Earth's crust and upper mantle by deep seismic profiling. Papens of the International Symposium 18–20 September, 2007. Rosnedra, VSEGEI. SPb, VSEGE -Press, 2007. 245 p.

Collection of proceedings of the International scientific-practical seminar, which took place September 18–20 2007 in St. Petersburg, includes papers dedicated to the methods and results of deep seismic studies of the continental land and offshore zones. Collection is addressed to geologists and geophysists who investigate the Earth's crust and upper mantle; it can be useful for postgraduate students and senior students of geological-geophysical disciplines.

ISBN 978-5-93761-101-7

Минц М.В., Филиппова И.Б. (Геологический институт РАН, Москва, Россия), Сулейманов А.К., Заможняя Н.Г. (ОП «Спецгеофизика», Москва, Россия), Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А. (ООО «Аэрогеофизика», Москва, Россия)

ОБЪЕМНАЯ МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ РЯЗАНО-САРАТОВСКОГО И ВОСТОЧНО-ВОРОНЕЖСКОГО КОЛЛИЗИОННЫХ ОРОГЕНОВ (ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ВОРОНЕЖСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА, ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ ПЛАТФОРМА): ПРОФИЛЬ 1-ЕВ, 2450-3500 КМ

Mints Michael V., Philippova Irina B. (Geological Institute of the RAS, Moscow, Russia), Suleimanov Arsen K., Zamozhniaya Nadezhda G. (SE «Spetsgeophysica», Moscow, Russia) Babayants Pavel S., Blokh Yury I., Trusov Alexey A. («Aerogeophysica», Moscow, Russia)

3D MODEL OF THE DEEP CRUSTAL STRUCTURE OF THE RYAZAN'-SARATOV AND EAST-VORONEZH COLLISION OROGENS (EASTERN VORONEZH CRYSTALLINE MASSIF, EAST-EUROPEAN PLATFORM): THE 1-EV REFLECTION SEISMIC PROFILE, 2450-3500 KM

A paper is devoted to geological interpretation of the reflection seismic image of the crust along the 1-EV geotraverse (2450–3500 km) crossing northeastern Sarmatia craton (Voronezh crystalline massif). A 3D geological model of the crust joins geological map of the Early Precambrian basement, 3D density and magnetization models of the upper part of the basement and data from deep bore-holes, with results of the seismic deep crustal study. The model permitted to develop model of the Early Precambrian crustal evolution and discuss metallogeny of the basement.

Исходные материалы. Ограниченные сведения по немногочисленным скважинам, достигшим основания осадочного чехла и вскрывшим фундамент, были (и остаются) единственным непосредственным источником информации о породах фундамента платформы. Геологическая карта фундамента в пределах северной и восточной частей Воронежского кристаллического массива (ВКМ) составлена на основе петрофизических карт фундамента (эффективной плотности и эффективной намагниченности), полученных в ФГУ НПП «Аэрогеофизика». Имеющиеся данные дополнительно проинтерпретированы с учетом информации, полученной по опорному профилю 1-ЕВ в интервале 2450–3500 км. Результаты глубинного геологического картирования и интерпретации сейсмических образов коры (картин сейсмических отражений) создали основу для разработки объемной модели глубинного строения региона.

Геологическое строение. Неоархейский ***Курский кратон*** (гранит-зеленокаменная область) размещен в пределах северо-восточной окраины континента Сарматия. Палеопротерозойские железорудные пояса во внутренней области кратона сложены курской и оскольской сериями. Интрузивная деятельность в различных районах Курской ГЗО в палеопротерозое связана с возрастным интервалом 2,09–2,04 млрд лет.

Палеопротерозойские тектонические подразделения ВКМ включают средне-палеопротерозойский (~2,1–2,0 млрд лет) *Восточно-Воронежский внутриконтинентальный коллизионный ороген* **и поздне-палеопротерозойский (1,95–1,75 млрд лет)** *Рязано-Саратовский коллизионный ороген*.

Восточно-Воронежский ороген, сочленяющий Курский и Хоперский кратоны, включает *Липецко-Лосевский окраинно-континентальный вулканно-плутонический* и *Воронцовский чешуйчато-надвиговый пояса*, представляющие собой геодинамически тесно связанные образования. *Лосевская серия* образована метаморфизованными вулканитами и осадочно-вулканогенными породами. С нею тесно связан *усманский комплекс*, включающий крупные интрузивные тела кварцевых диоритов – плагиогранитов, прорывающие и мигматизирующие породы лосевской серии. Пластинообразные тела *павловского комплекса* (субщелочные граниты, граносиениты и мигматиты) залегают в целом согласно со структурой Липецко-Лосевского пояса. По геохимическим особенностям ассоциация пород в основном аналогична ассоциациям пород активных континентальных окраин (Щипанский и др., 2007). *Воронцовская серия*, целиком выполняющая *Воронцовский пояс*, представляет собой мощную толщу песчаниково-сланцевых флишоидных отложений. Характерна метаморфическая зональность типа термальных ореолов при максимальных параметрах до 700–750 °С при давлении около 4 кбар (Герасимов, Савко, 1995). Воронцовский пояс насыщен интрузивными телами дунит-перидотит-габбро-норитовой формации (*мамонский* и *еланский комплексы*), с которыми связан ряд проявлений платиномедно-никелевых руд. *Новомеловатский гранитоидный комплекс* (биотит-гиперстеновые и биотит-роговообманковые кварцевые диориты, роговообманково-биотитовые и биотитовые гранодиориты) вскрыт Воронежской параметрической скважиной (Кременецкий и др., 2006). Поздние грабен-синклинальные структуры заполнены вулканитами и молассоидными осадками *воронежской свиты*. Свита прорвана кольцевым массивом *ольховского комплекса* (габбронориты, монцониты и монцограниты). Наиболее молодой *бобровский комплекс* объединяет небольшие массивы лейкогранитов среди пород воронцовской серии.

Главную роль в строении ***Рязано-Саратовского коллизионного орогена*** играет *Рязанский шовный пояс (сутура)*. Пояс, четко выраженный в физических полях и на петрофизических картах, не вскрыт ни одной скважиной, что создает неизбежную неопределенность в его интерпретации. Пояс представляет собой пластинообразное тело протяженностью до 500 км, образованное высокоплотными (до 2,95 г/см^3 и более) и высокомагнитными породами. *Калужский вулкано-плутонический пояс* залегает непосредственно поверх Рязанского пояса. Калужский пояс образован плагиогнейсами, плагиогранитами, гранитами, гранодиоритами и кварцевыми диоритами, в его состав входят также габбронориты, микроамфиболиты и диабазы. Северная окраина Курского кратона перекрыта породами *Тульско-Тамбовского вулкано-плутонического пояса* (граниты, граносиениты, кварцевые сиениты, кварцевые диориты, метатуфы, базальты, амфиболиты, мигматизированные плагиогнейсы). Комплекс пород похож на ассоциации пород активных окраин андийского типа.

Объемная модель глубинного строения. В интервале 2270–2640 км опорный профиль 1-ЕВ пересекает субширотные структуры Рязано-Саратовского коллизионного орогена. Разрез коры образован серией погружающихся к югу (под континент Сарматия) тектонических пластин, образованных комплексами надсубдукционного (Тульско-Тамбовский и Калужский пояса) и предположительно океанического (Рязанский пояс) типа. Хотя сейсмический разрез пересекает лишь область выклинивания, тектоническая пластина Рязанского пояса мощностью около 15 км достаточно отчетливо прослеживается под углом ~10° вплоть до раздела кора–мантия на глубине порядка 65 км. Подошва Тульско-Тамбовского комплекса (2470 – 2640 км) достигает глубины 15 км.

В интервале 2640–3500 км опорный профиль пересекает субмеридиональные структуры Восточно-Воронежского коллизионного орогена. В сечении профилем 1-ЕВ породы Липецко-Лосевского пояса размещены поверх комплексов пород Курской ГЗО. Подошва палеопротерозойских пород достигает 25 км. Курский гранит-зеленокаменный комплекс в разрезе коры имеет клиновидное сечение, уменьшается в мощности в восточном направлении и полностью выклинивается к пк 3150 км на глубине 25 км. В интервале 3175–3500 км профиль пересекает надвинутый в западном

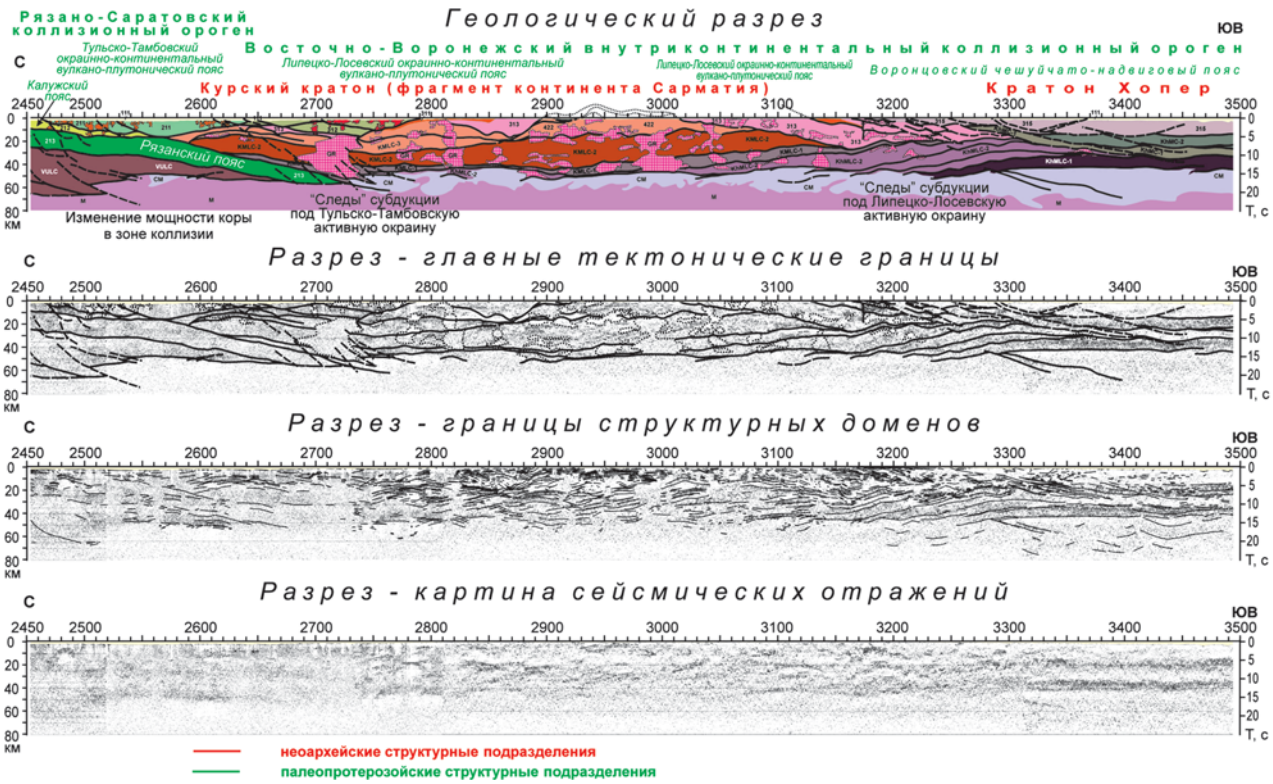

Рис. 1. Глубинный разрез по геотраверсу 1-ЕВ, 2450–3500 км и условные обозначения

Fig. 1. Deep crustal section along the 1-EU Geotraverse, 2450–3500 km and legend

направлении Воронцовский чешуйчато-надвиговый пояс. Подошва воронцовской серии постепенно погружается и достигает глубин 5–6 км в интервале 3215–3295 км, затем погружается до глубины порядка 15 км и на этом уровне прослеживается до границы с Прикаспийской впадиной. Воронцовский чешуйчато-надвиговый комплекс подстилается тремя пластинами выдержанной мощности, отличающимися стабильными сейсмическими характеристиками. Эти пластины разделяют в районе ПК 3400 км: две верхние надвинуты на тектонические пластины, аккретированные снизу к континенту Сарматия, и далее комплексы пород Липецко-Лосевского пояса, тогда как нижняя пластина погружается в мантию в районе ПК 3220–3250 км. Можно предполагать, что эта пластина по крайней мере частично, образована породами палеопротерозойской океанической коры. Пакет достигает максимальной мощности 20–25 км в интервале 3200–3300 км. Затем суммарная мощность сокращается в результате последовательного достижения отдельными пластинами раздела Мохо, где они как бы «растворяются» в мантии. В интервале 2950–3500 км получена уникальная по детальности модель глубинного строения палеопротерозойского коллизионного орогена типа крокодил или пасть крокодила.

Модель эволюции. Формирование палеопротерозойских орогенов отвечает двум независимым геодинамическим событиям в середине и конце палеопротерозоя.

История Восточно-Воронежского орогена включает следующую последовательность событий. Формирование терригенной толщи воронцовской серии в области сочленения архейских кратонов – Курского и Хопер – завершилось ранее 2,13 млрд лет – до внедрения ультрамафито-мафитовых комплексов в интервале 2,13–2,06 млрд лет (Кременецкий и др., 2006; Чернышов, 1990). Относительно высокий уровень метаморфизма, датированного 2,10 млрд лет (Щипанский и др., 2007 и ссылки там же), позволяет предполагать плюмо-рифтогенную природу прогиба. Эволюция прогиба, очевидно, включала кратковременный разрыв континентальной коры и возникновение океанического бассейна, ненадолго разделившего архейские кратоны. С закрытием бассейна вскоре после 2,1 млрд лет назад свя-

зано формирование Липецко-Лосевского окраинно-континентального вулкано-плутонического комплекса на восточной окраине Курского кратона, 2,1–2,08 млрд лет назад. Повторное коллизионное совмещение Курского кратона и кратона Хопер маркируется размещением интрузивных комплексов коллизионного типа 2,05 млрд лет назад, завершение коллизионных процессов –размещением гранитов бобровского комплекса 2,02 млрд лет назад (Щипанский и др., 2007 и ссылки там же).

Объединение северного (в современных координатах) континента, включавшего Фенноскандию, Волго-Уралию и кору Лапландско-Среднерусско-Южноприбалтийского внутриконтинентального орогена с южным континентом, Сарматией, в конце палеопротерозоя (1,95–1,75 млрд лет) сопровождалось формированием ***Рязано-Саратовского коллизионного ороге-***

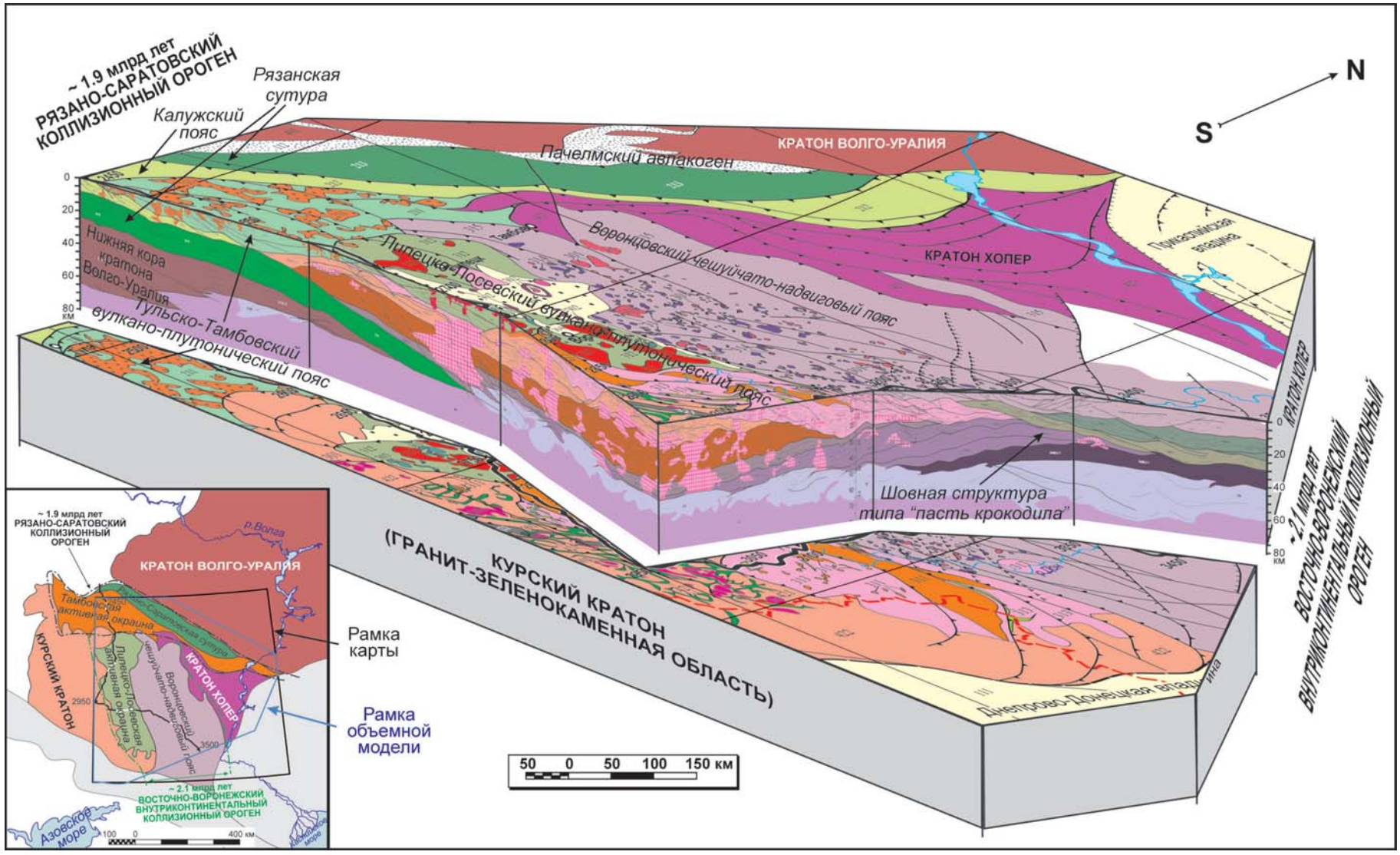

Рис. 2. Объемная модель глубинного строения коры Воронежского сегмента Восточно-Европейской платформы (усл. обозн. на рис. 1)

Fig. 2. A 3D model of the deep crustal structure of the Voronezg segment of the East European platform (legend to fig. 1)

на между структурами Волго-Уральского кратона с севера и орогенами Воронежского кристаллического массива с юга. Формирование Тульско-Тамбовского пояса стало результатом субдукционных процессов, непосредственно предшествовавших поздне-палеопротерозойской коллизии.

Металлогеническое районирование и глубинные критерии рудоносности. Орогенные пояса вмещают разнообразные типы оруденения. Создание модели глубинного строения позволило составить «Карту глубинных критериев металлогенического районирования, прогнозов и рекомендаций» исследованного региона.

Результаты исследований образуют вклад в решение задач по проекту РФФИ (грант № 05-05-65012) и по Программе № 6 ОНЗ РАН.

Герасимов В.Ю., Савко К.А. Геоспидометрия и температурная эволюция гранат-кордиеритовых метапелитов Воронежского кристаллического массива // Петрология. 1995. Т. 3, № 6. С. 563–577.

Кременецкий А.А. и др. Информационный отчет по объекту «Создание глубинной геолого-геофизической модели окрестности Воронежской параметрической скважины с разработкой глубинных прогнозно-поисковых критериев на различные виды ТПИ». М.: ФГУП «ИМГРЭ», 2006 г.

Чернышов Н.М. Металлогеническое районирование Воронежского кристаллического массива в связи с его никеленосностью // Геол. рудн. м-ний. 1990. № 3. С. 3–16.

Щипанский А.А., Самсонов А.В., Петрова А.Ю., Ларионова Ю.О. Геодинамика восточной окраины Сарматии в палеопротерозое // Геотектоника. 2007. № 1. С. 43–70.

Минц М.В. (Геологический ин-т РАН, Москва, Россия), Сулейманов А.К., Заможняя Н.Г., Ступак В.М. (ОП «Спецгеофизика», Москва, Россия)

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ РАННЕДОКЕМБРИЙСКОЙ КОРЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОГО КРАТОНА: ДАННЫЕ ПО ПРОФИЛЯМ 1-ЕВ, 4В, ТАТСЕЙС, KOLA-SD, ЭГГИ, FIRE-1, FIRE-3

Mints M. (Geological Institute of the RAS, Moscow, Russia), Suleimanov Ar., Zamozhniaya Nad. G., Stupak Vlad. (SE «Spetsgeophysica», Moscow, Russia)

SEISMIC IMAGES OF THE EARLY PRECAMBRIAN CRUST OF THE EAST EUROPEAN CRATON: DATA FROM THE 1-EV, 4V, TATSEIS AND SOME OTHER REFLECTION SEISMIC PROFILES

The album (collection) of the seismic images of the typical crustal structures within modern and young orogens, the Early Precambrian crust of the East European craton and some other regions is to be presented at the paper. Seismic images of the ancient and young orogens are comparable. This evidences in turn that geodynamic settings and tectonic processes of their origin are comparable also. It is shown that seismic image modeling on a basis of the geological models of the natural objects is a very fruitful way for better understanding and correct geological interpretation of the seismic images of the Early Precambrian crust and upper mantle.

Многие особенности строения раннедокембрийской коры Восточно-Европейского кратона, выявленные в результате исследований по опорному профилю 1-ЕВ и другим профилям МОГТ в недавние годы, оказались неожиданными, а результаты геологической интерпретации в определенной степени искусственными и сомнительными. Поэтому целесообразно обратиться к опыту сейсмических исследований современных и молодых орогенов, а также других раннедокембрийских регионов. В докладе будет представлен альбом сейсмических образов типовых структур земной коры, подготовленный в рамках методических исследований по проекту ВСЕГЕИ.