

**ОСОБЕННОСТИ ТЕКТониКИ ЗЕМНОЙ КОРЫ
ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ,
ВКЛЮЧАЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫЙ СЕГМЕНТ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Рассмотрены результаты анализа и обобщения геолого-геофизических данных о глубинном строении юго-восточной части ВЕП, северо-восточного сегмента Прикаспийской впадины, западного и юго-западного секторов Уральского региона. Создана схема тектонического районирования кристаллической коры этих районов. Установлено, что значительное место в глубинной тектонике ВЕП и Прикаспийской впадины принадлежит пограничным зонам субмеридиональной и субширотной направленности, разделяющим мегаблоки с разными типами кристаллического фундамента и верхней мантии. Сведения о тектонике кристаллической коры необходимы для изучения строения осадочных бассейнов и региональной прогнозной оценки на углеводороды.

Юго-восток и юг окраины ВЕП, Прикаспийская впадина, юго-запад Уральского региона, геотраверс р. Маныш-Карачаганск, кристаллическая кора, схема тектонического районирования.

**FEATURES OF EARTH CRUST TECTONICS
OF SOUTH-EASTERN PART EASTERN EUROPEAN PLATFORM,
INCLUDING NORTH-EASTERN SEGMENT OF PRE-CASPIAN DEPRESSION**

Druzhinin V.S., Nachapkin N.I., Osipov V.Yu. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. The results of analysis and generalization geological and geophysical data on deep structure of south-eastern part OEP, northeast segment of Caspian depression, western and southwestern sectors of Ural region are considered. The scheme tectonic zoning of crystalline crust these regions has been created. It has been established that a significant place in deep tectonics of OEP and Caspian depression belongs to boundary zones of submeridional and sub-latitudinal direction, which separates megablocks with different types of crystalline basement and upper mantle. Information on the tectonics of the crystalline crust is necessary for studying the structure of sedimentary basins and regional forecast estimates on hydrocarbons.

South-east and south of outskirts OEP, Pre-Caspian depression, south-west of Ural region, geotraverses r. Manysh-Karachagansk, crystalline crust, scheme of tectonic zoning.

Введение

В статье приведены результаты обобщающих работ по созданию схемы тектонического районирования кристаллической коры юго-востока ВЕП и Прикаспийской впадины (Артюшков, Егоркин, 2005; Артюшков и др., 2014; Демидов, 1992; Федоров, 2003). В южном направлении в интервале 50–52° с.ш. отмечается увеличение мощности осадочного слоя до 18–20 км, сопровождаемое соответствующим изменением глубины залегания поверхности кристаллического фундамента.

В работах (Дружинин и др., 2014; Дру-

жинин, Осипов, 2016а; 2016б; Мартышко и др., 2012) на основе сейсмогеоплотностных разрезов по 15 профилям ГСЗ, интерпретации потенциальных полей и объемного 3D плотностного моделирования впервые созданы геолого-геофизическая разломно-блоковая модель верхней части литосферы Уральского региона (53–68° с.ш., 48–70° в.д.) и схема тектоники земной коры восточно-юго-восточной окраины ВЕП масштаба 1:2500000. С целью разработки для Уральского региона единой глубинной основы представляют научно-практический интерес сведения о продолжении ос-

имеет северная часть геотраверса р. Маныш-Карачаганак (М–К). Кристаллический фундамент здесь представлен двумя комплексами с примерно одинаковыми повышенными значениями скорости 6,2–6,7 км/с. По возрасту он относится к архей-протерозою, как это принято для основания осадочного слоя древней платформы. Такое же разделение наблюдается по данным КМПВ на профиле III «Черная Падина», выполненном вблизи северо-западного окончания геотраверса Пугачев-Бейнау (рис. 3, цветная вкладка) (Федоров, 2003), хотя на самом геотраверсе такого разделения не наблюдается. Вероятно, в прибортовой части ПКВ фундамент осадочного слоя также двухслойный: верхний комплекс принадлежит протогеосинклинальным нижнепротерозойским образованиям с повышенными значениями скорости, а нижний – архейским гранитогнейсовым породам древних массивов со скоростью равной 5,9–6,3 км/с, типичной для таких комплексов, в частности, для Южно-Татарского свода (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016б).

Повышенные значения скорости, приведенные на разрезе по геотраверсу М–К (см. рис. 2), равные значениям по верхнему комплексу, могут быть объяснены явлением экранирования. Суть в том, что волны в первых вступлениях, в случае инверсионной модели, выступают не как головные, а как подэкранные отражения со значениями скорости равной скорости экрана. Наличие экрана приводит к ошибочному завышению значений скорости для всех нижерасположенных слоев, скорость в которых меньше (в нашем случае $\leq 6,6$ км/с). Более высокие значения скорости 6,8–7,0 км/с в разрезе по геотраверсу М–К отмечены в нижней коре на глубине 25–30 км. В южной части северного звена геотраверсов происходит смена характера расслоенности и скоростных параметров фундамента: подъем поверхности нижнего комплекса с 15 до 10 км, резкое сокращение мощности верхнего подразделения и уменьшение значений скорости, что соответствует первому типу фундамента AR₁.

На рис. 3 (цветная вкладка) рельеф поверхности нижней границы, которая, по видимому, соответствует поверхности нижнеархейского фундамента. Глубина границы изменяется от 11 до 16 км, но без дизъюнктивных нарушений, хотя они отмечены по поверхности промежуточного комплекса. С учетом сейсмического разреза по геотраверсу М–К и имеющихся данных бурения глубоких скважин, которые подчеркивают субвертикальный характер разломов (Леонова, 1988), на рис. 4 (цветная вкладка) представлен авторский вариант сейсмогеологического разреза в неискаженном масштабе. При этом пликтивный характер структуры заменен ступенчатыми формами рельефа, разделенные крутопадающими разломами.

Важным элементом при анализе и составлении схем тектонического районирования кристаллической коры являются глубинные разломы. Они играют значительную роль при оценке перспективности нижних горизонтов осадочных бассейнов на поиски месторождений углеводородов и их эксплуатации, а также в соляной тектонике, особенно для Прикаспийской впадины.

Тектоническая и геодинамическая картина района Прикаспийской впадины выглядит следующим образом: отмечается значительное погружение основания осадочного слоя (поверхность AR–PR) в интервале пикетов 350–500 (см. рис. 1, цветная вкладка), которое, как следует из рис. 4 (цветная вкладка), сопровождается в интервале 460–520 подъемом поверхности древнего кристаллического фундамента (K₀₁). Это указывает на присутствие на юго-западе рассматриваемой территории древнего поднятия типа Южно-Татарского или Бузулук-Сорочинского массивов.

Таким образом, при построении схемы тектонического районирования кристаллической коры учитывались результаты анализа сейсмогеологической информации (Артюшков, Егоркин, 2005; Артюшков и др., 2014; Демидов, 1992; Леонова, 1988; Федоров, 2003), особенностей гравитационного и магнитного полей (рис. 5, цветная вкладка), разломно-блокового строения

геосреды, характерного для исследуемых окраин ВЕП (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016а; Мартышко и др., 2012).

Результаты работ и их обсуждение

В соответствии с поставленными задачами, кроме схемы тектонического районирования кристаллической коры северо-восточного сегмента Прикаспийской впадины (50–53° с.ш.), приведена сводная схема, которая включает восточно-юго-восточную и южную окраину ВЕП в интервале 53–56° с.ш. (рис. 6, цветная вкладка).

Основные особенности тектоники кристаллической коры южной окраины ВЕП, включая северо-восточный сегмент Прикаспийской впадины (см. рис. 6, цветная вкладка).

1. Современная блоковая структура кристаллической коры отображает последовательность и характер поэтапного развития древней гранито-гнейсовой коры, начиная с нижнего архея. Она представлена в западной части территории сохранившимися массивами поднятий, выделенными в виде мегаблоков: Южно-Татарский (ЮТМБ) и Бузулук-Сорочинской (БСМБ). Они характеризуются специфическими чертами глубинного строения, а именно: приподнятым положением нижней коры (до 8–10 км), представленной преимущественно гнейсовыми комплексами ($V = 6,4$ км/с) с мелкими интрузивными телами разного состава и наличием на глубине 30 ± 2 км комплекса с повышенным для коры значением скорости – 7,0–7,3 км/с, который может соответствовать верхней сильно метаморфизованной части древней мантии. Причем скорость $8,0 \pm 0,2$ км/с, наблюдается на уровне 40–42 км (современная поверхность M). Повышенный метаморфизм нижней коры (протокоры) и частично мантии, развитие серых гнейсов фундамента, по-видимому, обусловлены преимущественным развитием указанных блоков в режиме поднятий с сохранением своей самобытности. Подобное древнее поднятие, выделенное в северной бортовой части Прикаспийской впадины на геотраверсе М–К, на рис. 6 (цветная вкладка) обозначено как

МТУМБ – Молаетаусское.

2. Региональной особенностью области древних поднятий и окружающих их впадин, например, Нижнекамской (НКМБ), расположенной на северо-западе от ЮТМБ, является преимущественно платформенный характер их развития в послепалеозойское время. В этом принципиальное отличие от восточных территорий с наличием здесь нижнепротерозойских протгеосинклиналией и складчатых структур, включая рифейскую гранитизацию. То есть, II тип основания (AR_1-PR_2) представлен двумя складчатыми комплексами, причем режим был явно не платформенный. Поэтому относить отложения, перекрывающие древний кристаллический фундамент (AR_1) к нижнему комплексу осадочного слоя затруднительно. Вот почему наблюдаемая на *глубинных* временных разрезах ОГТ «квазислоистость» и, соответственно, увеличенная мощность осадков вынуждает критически относиться к этой информации, учитывая данные ГСЗ, глубинного параметрического бурения и тектонического районирования кристаллической коры (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016а). Для юго-восточной окраины ВЕП ко второму типу фундамента относится Пермско-Башкирский мегаблок (ПБМБ), а также расположенные южнее $53^{\circ}30'$ в центральной части схемы Урало-Каргальский (УКМБ), Соль-Илецко-Чингирлазский (СИЧМБ) мегаблоки. Имея мощность верхнего комплекса 3–7 км и иногда повышенные физические параметры, с соответствующими особенностями строения кристаллической коры, они близки ко II типу фундамента, являясь разновидностью протерозойской складчатой системы, сложенной терригенно-вулканическими комплексами с присутствием, вероятно, прослоев карбонатов, местами гранитизированных пород и, в меньшей степени, с наличием тел основного и среднего состава.

3. Региональные структуры с кристаллическим фундаментом различного типа разделены пограничной Калтасинско-Сорочинской зоной восточной окраины

ВЕП, которая соответствует крупному нижнерифейскому авлакогену (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016а) с аномальными чертами строения земной коры: уменьшение мощности кристаллической коры за счет поднятия поверхности M^* ¹ (33–35 км), увеличение мощности нижнерифейского комплекса с наличием в кровле додевонских отложений высокоскоростных доломитов мощностью до 2,0–2,5 км и скоростью $V = 7,0$ км/с. Общее направление пограничной структуры юго-юго-западное с осложнениями в положении на ряде участков, в частности, в районе сочленения с субширотным Абдулинским авлакогеном (АБА) в районе 54° с.ш. (Дружинин, Осипов, 2016а). Существенные отклонения в северной и южной частях, совпадающие в первом случае с Нижнекамской впадиной (Дружинин, Осипов, 2016а), во втором – с Восточно-Оренбургским поднятием. Древнее Молаетаусское поднятие, выделенное в южном секторе в пределах бортовой части Прикаспийской впадины, отделено пограничной зоной I на востоке складчатым основанием PR_{1-2} от Соль-Илецко-Чингирлазского мегаблока. Тем самым подтверждается межрегиональный характер субмеридиональной Калта-синско-Сорочинско-Аксаиской структуры древнего заложения.

4. Проблемным вопросом при рассмотрении восточной границы ВЕП является тектоническая позиция Предуральского прогиба: а именно, его принадлежность к ВЕП или к УСС. По осадкам палеозоя (девонско-пермским) он соответствует осадочному бассейну восточной окраины ВЕП. В этом случае граница прогиба и платформы на геологических картах проводится по восточной границе прогиба, который соответствует контурам обнаженного Урала. Но по особенностям глубинного строения эта структура является продуктом тектонических, преимущественно нелинейных преобразований, в Уральской складчатой системе, особенно на завер-

шающей стадии ее развития (Р-Т-Ж). Основным содержанием Предуральского прогиба являются депрессивные зоны: Юрюзано-Сылвенская, Бельская, Мраковская, которые характеризуются сложными сейсмогеологическими условиями, в основном взбросово-надвиговым характером тектоники и широким развитием *соленосных отложений*. Влияние тектонических процессов, с которыми связано образование депрессионных зон, также проявлено в наличии микроструктур – грабенов – поднятий, прослеженных в виде цепочки в восточной окраине ВЕП и согласных с западной границей УСС (интервал 53–55° с.ш.). К этому следует добавить, что образование Уфимского амфитеатра, южная часть которого находится на северо-востоке территории исследований, также обусловлено нелинейным тектоническим преобразованием: глубинным сдвигом с погружением фундамента Башкирского антиклинория УСС на глубину 5–8 км (Дружинин, Осипов, 2016а). Поэтому с позиции *глубинной тектоники* Предуральский прогиб следует считать структурой УСС, входящей в состав Западно-Уральской мегазоны. Это характерно также для более северных широт УСС, включая ее заполярную часть (Дружинин и др., 2014). Сам прогиб часто является пограничной зоной между древней платформой и Уральской складчатой системой.

5. Впервые составлена тектоническая схема кристаллической коры, основанная на материалах ГСЗ Центра ГЕОН и информации о тектонике приповерхностных структур (см. рис. 6, цветная вкладка), согласованной с основными тектоническими элементами более северной территории ВЕП (Дружинин и др., 2014). Она соответствует северному борту Прикаспийской впадины, расположенной на древнем AR-PR фундаменте ВЕП и ограниченной двумя субширотными пограничными зонами: на севере Урал-Оренбургской (III) и на юге Джембентско-Новоалексеевской (VI). Ус-

¹Дополнительный знак в обозначении предполагает, что поверхность M^* в центральной части ПКВ является результатом преобразования нижней коры за счет глубинных процессов.

тановлены следующие аномальные черты глубинного строения: ступенчатообразное увеличение глубины залегания кристаллического фундамента от 4 до 18–20 км; поднятие поверхности *M* до 35–37 км начиная с зоны VI; возможность широкого развития нижнерифейских терригенно-карбонатных отложений мощностью до 7 км и более с присутствием вероятно высокоскоростного комплекса доломитов; сокращение мощности нижней коры до 15 км. Такие преобразования, вероятно, связаны с деструкцией земной коры, прежде всего, ее нижней части, вызванной активностью верхней мантии в предрифейский и затем пермско-триасовый периоды развития. В этом отношении она подобна региональным субмеридиональным пограничным структурам Калтасинско-Сорочинской и Бельско – Мраковской. Более масштабно данные результаты проявляются в виде динамических преобразований в Прикаспийской субширотной мегазоне, которая, согласно данным ГСЗ Центра ГЕОН (Федоров, 2003) (см. рис. 1, цветная вкладка), имеет значительную широтную протяженность, занимая центральную часть впадины в интервале широт 48(49)–50° с.ш.

6. Широтная зональность отчетливо проявлена в различиях структурно-тектонического плана и моделях строения кристаллической коры. Такой, помимо рассмотренных выше III и VI широтных зон, является Абдулинско-Красноусольская (широты 53°30'–54° с.ш.), которая разделяет: на западе два мегаблока Южно-Татарский и Бузулук-Сорочинский, в центре – Пермско-Башкирский и Урало-Каргальский мегаблоки. На востоке наблюдается существенная смена глубинного строения Западно-Уральской мегазоны, включая депрессионные зоны Предуральского прогиба. Таким образом, широтная зональность является одной из важных компонент тектонической модели кристаллической коры восточной окраины ВЕП и, как показывают ранее выполненные исследования, всего Уральского региона (Дружинин и др., 2014).

Аналогичная субширотная пограничная структура намечается в северной части рассмотренной территории (севернее 56° с.ш.) (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016а). К ней, в частности, приурочена южная оконечность Юрюзано-Сылвенской депрессии, южная часть Уфимского амфитеатра. Таким образом, широтная зональность, проявленная в строении кристаллической коры всего Уральского региона, является звеном планетарной сети глубинных дислокаций (Дружинин, Осипов, 2016б). В частности, для Предуральского прогиба Западно-Уральской мегазоны это выразилось в распределении составляющих его депрессионных зон вдоль линии простирания УСС.

Картина субширотных и субмеридиональных глубинных дислокаций дополнена глубинными разломами северо-западного и северо-восточного направлений. В результате имеет место сложноустроенная модель кристаллической коры. Не учитывать это обстоятельство нельзя, особенно при изучении региональных особенностей осадочного слоя, его нижней части (додевонские отложения в возрастном диапазоне R-O).

Заключение

По результатам анализа имеющихся геолого-геофизических данных основные особенности разломно-блоковой модели кристаллической коры, установленные для восточных и юго-восточных окраин ВЕП, имеют место и для северной части Прикаспийской впадины и продолжают на юг до 50° с.ш. (в пределах рассматриваемого сектора). Это свидетельствует о том, что северная прибортовая часть Прикаспийской впадины является составной частью ВЕП с возможными существенными изменениями южнее, включая всю Прикаспийскую впадину.

Для решения региональных прогностических задач на поиски нефти и газа, представляет интерес выявленная специфика глубинной тектоники и, в первую очередь, намеченное древнее Молаетаусское поднятие, аналогичное расположенным севернее

Южно-Татарскому и Бузулук-Сорочинскому мегаблоку.

Построенная схема тектонического районирования является существенным вкладом в создание единой глубинной модели верхней части литосферы Уральского региона. В соответствии с схемой, окончание УСС связано с субширотной пограничной Прикаспийской мегаструктурой.

Литература

Артюшков Е.В., Егоркин А.В. Механизм образования Прикаспийской впадины // ДАН. 2005. Т. 400. № 4. С. 494–499.

Артюшков Е.В., Беляев И.В., Казинин Г.С., Павлов С.П., Чехович П.А., Шкарубо С.И. Механизмы образования сверхглубоких прогибов: Северо-Баренцевская впадина, перспективы нефтегазоносности // Геология и геофизика. 2014. Т. 55. № 5–6. С. 821–846.

Демидов В.А. Соляные купола восточной части Прикаспийской впадины и их нефтегазоперспективность // Геология нефти и газа. 1992. № 11. С. 3–9.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Строение верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. 236 с.

Дружинин В.С., Осипов В.Ю. Схема тектоники земной коры восточно-юго-восточной окраины ВЕП // Уральский геофизический вестник. 2016а. № 2. С. 86–98.

Дружинин В.С., Осипов В.Ю. Субширотные дислокации земной коры Уральского региона – звенья системы линеаментов Евразийского континента // Уральский геофизический вестник. 2016б. № 2. С. 33–47.

Леонова Е.А. Основные направления поисков ловушек нетрадиционного типа в девонских отложениях Оренбургской области // Геология нефти и газа. 1988. № 6. С. 7–14.

Мартышко П.С., Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Ладовский И.В., Бызов Д.Д., Осипов В.Ю., Цидаев А.Г. Схематическое тектоническое районирование Уральского региона на основе разработанных алгоритмов и методики создания объемной геофизической модели верхней части литосферы // Литосфера. 2012. № 4. С. 208–218.

Федоров Д.Л. Структура поверхности фундамента Прикаспийской впадины // Разведка и охрана недр. 2003. № 2. С. 11–12.