

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРНОЙ СУХОПУТНОЙ
ОКРАИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПЛИТЫ ПО ГЕОТРАВЕРСУ АГАТ-1**

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

Аннотация. В статье рассмотрены результаты анализа сейсмических материалов плотностного 2D моделирования и тектонического районирования по геотраверсу Агат-1, который расположен в южной окраине переходной зоны, соответствующей Арктическому поясу. При этом учитывался плотностной разрез по геотраверсу Агат-2 по сухопутной части Тимано-Печорской плиты.

2D моделирование, тектоническое районирование, глубинное строение земной коры.

**CHARACTERISTIC OF THE EARTH CRUST OF NORTHERN
EDGE OF TIMAN-PECHOR PLATE ALONG GEOTRAVERSE AGAT-1**

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

Abstract. In article the results of seismic materials analysis of density 2D modeling and tectonic zoning along geotransverse Agat-1, which is located in southern edge of transition zone corresponding to the Arctic belt, are considered. At same time, a section density on geotransverse Agat-2 along of Timan-Pechora plate land part was taken into account.

2D modeling, tectonic zoning, deep structure of the earth's crust.

Введение

Особенности строения осадочного чехла, представленного на рис. 1 выкопировкой из схемы тектонического районирования

(Прищепа и др., 2011; 2010), подчеркивает его аномальность, проявленную, прежде всего, в значительном смещении основных структур морского сегмента Тима-

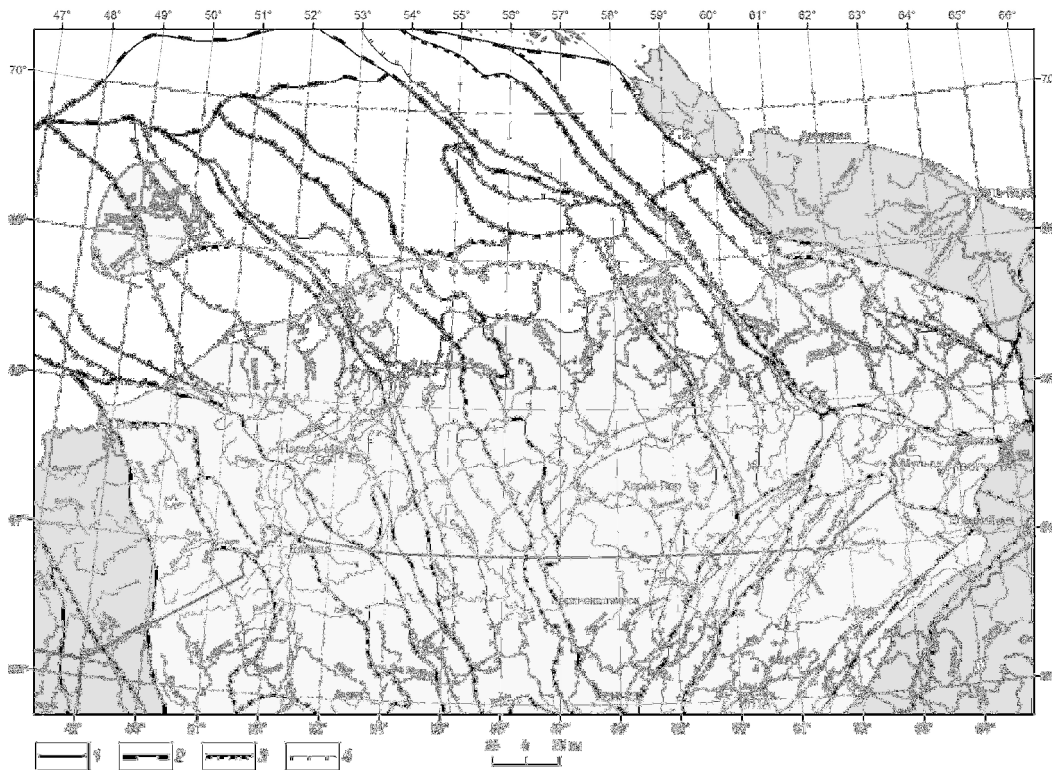


Рис. 1. Схема тектонического районирования Тимано-Печорского осадочного бассейна (Прищепа и др., 2011; 2010):

1 – административные границы; 2–4 – границы тектонического районирования: 2 – надпорядковые, 3 – 1-го порядка, 4 – 2-го порядка

но-Печорской плиты (ТПП) в западном направлении. В интервале широт 68° – $69^{\circ}30'$ наблюдаются перемещения общей величины до 200–240 км структур прибрежной полосы Южно-Печорского моря. Возникают два основных вопроса, необходимых для выяснения картины геодинамических преобразований ТПП и всего Уральского региона в полярных и заполярных широтах и на этой основе уточнения схемы регионального геокартирования и общей оценки нефтегазоперспективности (относительно крупных месторождений Арктического пояса Уральского региона). Первый вопрос – роль дизъюнктивной тектоники, второй – глубинность преобразований. Для их решения необходимо выяснить особенности строения консолидированной коры в указанной переходной полосе до широты 70° с.ш. В качестве первого шага рассмотрены особенности глубинного строения по геотраверсу Агат-1, расположенному в береговой полосе Печорского моря.

Содержание работы

1. Анализ имеющейся геолого-геофизической информации о строении консолидированного фундамента и земной коры по сейсмическим данным. Сведения о глубинной модели ограничены двумя геотраверсами Агат-1 (АГ-1) и Агат-2 (АГ-2), расположенными в сухопутной части ТПП. Разрез по АГ-2 был рассмотрен ранее (Дружинин и др., 2014). В статье приведён анализ авторского варианта сейсмического разреза АГ-1, составленного А.В. Егоркиным в Центре «ГЕОН» (Егоркин, 1991).

Он представлен в виде упрощенной безразломной субгоризонтальной модели земной коры, неадекватной, как показали наши исследования, реальной среде и имеющимися данными, полученным методами ОГТ и ГСЗ по Южной части Печорского моря, выполненными ФГУНПП «Совморгео» (Морозова и др., 1995; Сакулина и др., 2003) (рис. 2). Отличие заключается в использовании для ранее выполненных сейсмических построений безразломной модели, что противоречит сложному характеру исходных сейсмических материалов и структурно-тектонической схе-

ме консолидированного фундамента. Была проведена некоторая корректировка разреза с учетом выявленной типизации геологических структур первого порядка по особенностям глубинного строения (Дружинин и др., 2014). Принималась во внимание схема, приведенная на рис. 1 и сейсмогеологический разрез по геотраверсу АГ-2 (рис. 3, цветная вкладка).

2. Плотностное 2D моделирование по геотраверсу АГ-1 с первоначально заданными значениями плотности, исходя из скоростей и анализа поля Δg для намеченных блоков земной коры. Технология гравитационного моделирования изложена в (Дружинин и др., 2014); среднеквадратическое отклонение подбора поля Δg составило ± 2 МГал.

3. Составление сейсмогеоплотностного разреза в соответствии с основными элементами глубинного сейсмогеокартирования (Дружинин и др., 2014) в М 1:1000 000 (рис. 4, цветная вкладка).

По результатам совместного анализа сейсмических данных и потенциальных полей составлен предварительный макет 3D модели кристаллической коры зоны сочленения Тимано-Печорской плиты с Северным Ледовитым океаном, представленным в рассматриваемых широтах Баренцевой платформой. В дальнейшем она послужит основой для создания объемной геолого-геофизической модели и схемы тектонического районирования верхней части литосферы, включая сухопутную и морскую части ТПП.

Основные результаты исследований

Общая характеристика тектонического районирования кристаллической коры ТПП

Поверхность консолидированной коры, представленной AR₁–V комплексами, находится на глубине 0–15 км, отличаясь повышенными глубинами залегания в центральной мегазоне до 10–15 км и меньшими мощностями 3–5 км осадочного комплекса западе Ижма-Печорской мегазоны, с выходом на дневную поверхность на востоке (открытый Урал).

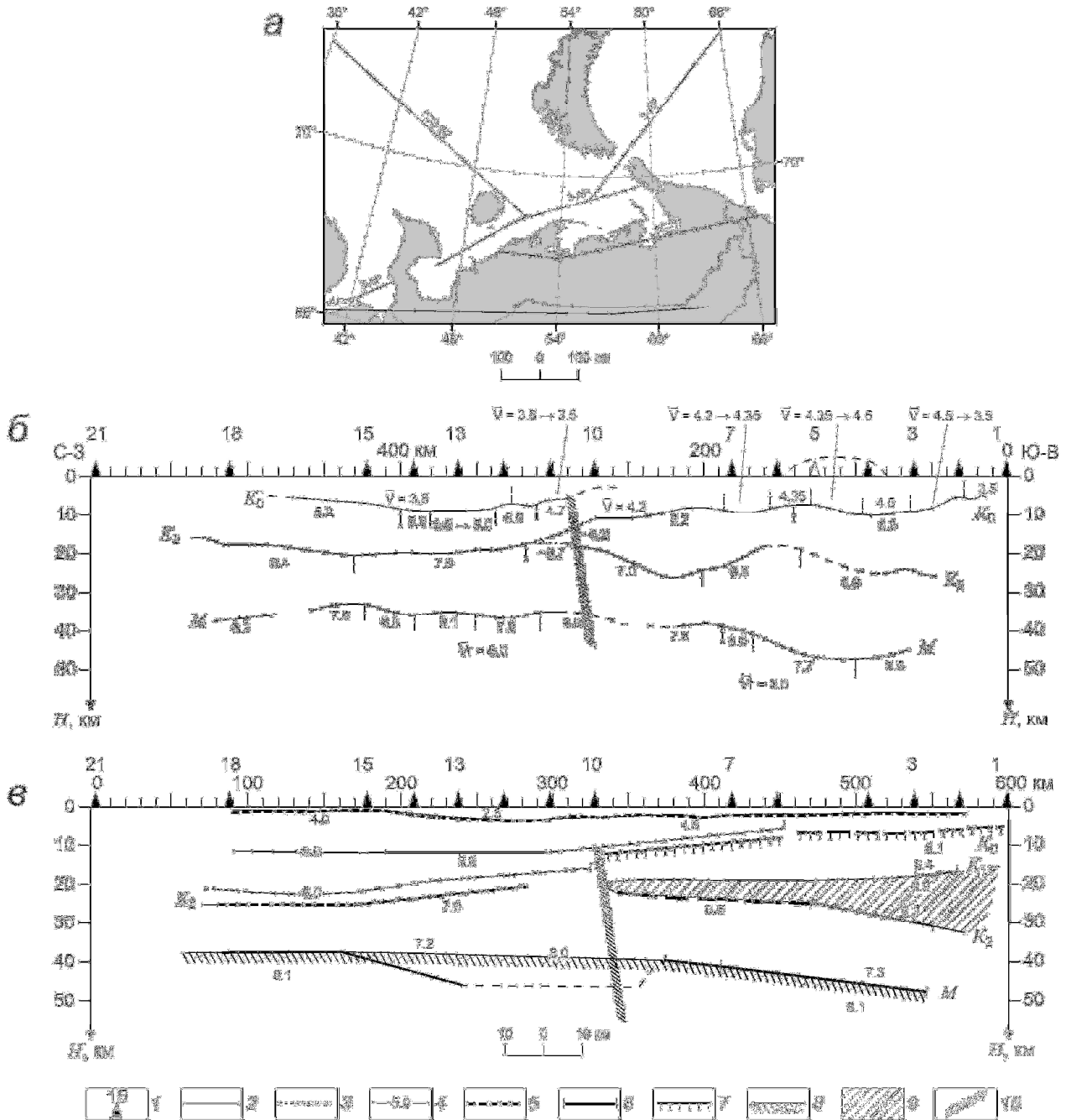


Рис. 2. Схема расположения профилей ГСЗ в полярных и заполярных широтах Тимано-Печорской плиты (а) и варианты сейсмических разрезов по (б, в).

Обозначения разрезов на схеме а: профиль ГСЗ Института физики Земли РАН (ГСЗ-82); геотраверсы Агат-1 (АГ-1), Агат-2 (АГ-2) Центра «ГЕОН»; профиль ГСЗ, МОВ ФГУНПП «Севморгео» (3-АР);

варианты сейсмического разреза по профилю ГСЗ-82:

б – по Ю.В. Тулиной (Морозова и др., 1995):

1 – донные станции; 2 – преломляющие границы с граничными скоростями (они же пластовые) и средними скоростями в верхнем слое (V , км/с). Уверенные участки, построенные по встречным годографам, даны сплошной линией, неуверенные – пунктиром; 3 – участки интерполяции;

в – по Н.И. Павленковой (Морозова и др., 1995):

4 – изолинии скорости (км/с); 5–8 – сейсмические границы: 5 – построенные по преломленным волнам, 6 – по отраженным и преломленным волнам, 7 – поверхность фундамента, K1, K2 – границы внутри коры, 8 – граница М, подошва коры; 9 – слой с пониженной скоростью.

Цифрами даны скорости в кровле и подошве каждого слоя.

10 – авторское дополнение о возможном присутствии глубинного разлома

Поверхность M (подошва земной коры) расположена в интервале глубин $H = 37\text{--}52$ км с максимальными глубинами на востоке центральной структуры Урала. Поверхность нижней коры (сейсмо-геологический раздел K_2) – на глубинах 18–25 км. Предполагается присутствие древнего нижнеархейского кристаллического фундамента, выделенного и изученного сверхглубоким бурением в Печенгской структуре Балтийского щита и Южно-Татарском своде; глубина его залегания от 7 до 18 км (профиль АГ-1).

Преобладают в данном районе разнонаклоненные относительно крутопадающие глубинные разломы преимущественно соответствующие в верхней части грабенообразным структурам, разделяющие основные подразделения ТПП. В целом в отличие от разреза по АГ-2, разрез по АГ-1, проходящий по восточной окраине сухопутной части ТПП, характерен более отчетливыми чертами глубинного строения.

По особенностям глубинного строения ТПП, как подразделения северо-восточной окраины ВЕП, в районе этого профиля в основном соответствует отрицательной структуре земной коры, в составе авлакогенов и грабенов, образующих общую крупную впадину по осадочным комплексам.

Характеристика основных подразделений ТПП

По особенностям глубинного строения рассматриваемая часть строения ТПП сохраняет тройное расчленение, как и в более южных широтах: на западе Тимано-Печорская Малоземельская, в центре Печорская и на востоке Западно-Уральская мегазона. Тимано-Печорская Малоземельская мегазона представлена на геотраверсе АГ-1 только ее восточной структурой и характеризуется небольшими глубинами залегания поверхности консолидированной коры 3–4,5 км, типичными для восточной окраины ВЕП положением поверхности M 40–43 км, нижней протокры 20–25 км с возможным присутствием на глубинах 10–12 км нижнеархейского кристаллического фундамента, выше которого может находиться нижнепротерозойско-протогеосин-

клинальный комплекс, дополненный гранитизированными отложениями R_1 , которые более широко были представлены на АГ-2.

Печорская мегазона занимает центральное положение в глубинной тектонике ТПП и подразделяется на три зоны. Западная зона, соответствующая Печоро-Колвинскому авлакогену, характеризуется уменьшением мощности земной коры до 38 км, увеличением мощности осадочного палеозойского и допалеозойского комплекса до 8–10 км, сокращенной мощностью до 15 км нижней коры, присутствием переходного мегакомплекса $K\text{--}M$ с повышенными скоростными параметрами.

В целом структура земной коры западной зоны подобна модели для Калтасинского авлакогена, установленной на Свердловском пересечении ГСЗ (Средний Урал), который, вероятно, является пограничной зоной между нижнеархейскими гнейсовыми (AR_1) и нижнепротерозойскими протогеосинклинальными и гранитизированными рифейскими комплексами (PR_1, R); аналогичная поверхность раздела ($AR_1\text{--}PR_1$); как это было установлена в разрезе Кольской СГ-3 (Кольская ... , 1984).

Центральная структура по геологическому районированию соответствует Хорейверско-Печороморской структуре. Для нее характерны некоторое увеличение глубины M по сравнению с западной зоной до 40–42 км, увеличение глубины K_2 до 25–26 км. Различия между западной и восточной частями наблюдается в положении древнего кристаллического фундамента: 15–16 км в первой и приподнятое до 10–11 км во второй части, с возможным здесь присутствием своеобразного переходного комплекса между подразделениями K_{01} и нижней коры. Увеличение мощности первого сейсмо-геологического этажа (СГЭ) до 18 км происходит за счет верхней части консолидированной коры, которая, возможно, представлена протерозойско-рифейскими, квазислоистыми в сейсмическом плане, отложениями. Это может создавать неправильное представление об осадочном слое (Дружинин и др., 2014; Дружинин, Осипов, 2016). В восточной части Центрально-

Печорской зоны выделен аномальный разрез земной коры: присутствие в северной части протокрысы слоя с пониженными расчётными плотностными параметрами $2,82 \text{ г/см}^3$. На профиле ГСЗ-82 (см. рис. 2) в его южной части в этом же варианте глубин выделен по результатам лучевого моделирования слой пониженной скорости. Возможно, они находятся в сходной тектонической обстановке.

Восточно-Печорская зона соответствует Варандей-Адзвинской структурно-тектонической зоне. Она существенно отличается по глубинному строению относительно приподнятым положением поверхности раздела M , K_2 и $K-M$, увеличенными скоростными параметрами $K-M$ ($7,35-7,74 \text{ км/с}$) и расчетной плотности.

Восточнее Хорейверской впадины находится западная мегазона Уральской складчатой системы, которая по геологическому районированию соответствует Коротайхинской впадине и складчатонадвиговой зоне ТПП, соответствующей по глубинному районированию Предуральской и Западно-Уральской зонам.

Поверхность консолидированного фундамента, представленного отложениями PR, R, находится на глубине 6–10 км. Вся верхняя часть (до K_{01} включительно) имеет сложное тектоническое строение, особенно на участке сочленения двух зон (район 62° в.д.). Постепенное увеличение глубины по поверхности раздела M на востоке сопровождается некоторым подъемом глубинной границы земной коры (K_2).

Отнесение Предуральского прогиба, как составной части Припайхойско-Южно-Приновоземельского мегапрогиба к платформенной окраине осадочного бассейна, не стыкуется со спецификой глубинного строения и сложным характером тектоники, особенно четко проявленного по гряде Чернышева (профиль АГ-2), сейсмической информации ОГТ и результатам глубокого параметрического бурения, вскрывших складчатые комплексы О-S (Прищепка и др., 2008). По-видимому, Западно-Уральская зона складчатости (ЗУЗС), включая Предуральский прогиб, соответствует пе-

реходной (промежуточной) структуре континентальной коры, на строение которой оказали влияние геодинамические процессы, происходящие в центральной части Уральской складчатой системы (УСС), особенно при формировании консолидированной коры ТПП и перестройки тектоники приповерхностных структур (первый СГЭ) в более поздние (P-J) этапы развития приполярного и заполярного секторов Уральского региона. Необычность его строения подчеркивается присутствием в горной части Урала аномальных габбро-базит-ультрабазитовых массивов, возможно, принадлежащих одному Инта-Воркутинскому мегаблоку (Дружинин и др., 2017), составной частью которого может быть и Чернышевское поднятие. Профиль АГ-1 расположен севернее этого крупного необычного тела.

Центрально-Уральская мегазона включает Пайхойскую и западную часть Тагильской зоны, соответствующей по геологическому картированию осадочного бассейна Пайхойско-Новоземельской складчатой системе. Она имеет аномальные черты глубинного строения: увеличенную мощность земной коры от 50 км на Пайхое до 53 км на востоке профиля, поверхность нижней коры (K_2) в этом направлении поднимается с 20 до 16 км, поверхность K_{01} погружается с 6–8 км на Пайхое до 12–13 км в Тагильском прогибе. Характерна повышенная расслоенность переходного мегакомплекса: ниже кровли $K-M$ на глубине 38–41 км намечается инверсионный слой с меньшими значениями физических параметров, суммарная мощность комплекса $K-M$ достигает 15 км.

Геотраверс АГ-1 проходит по трём достаточно крупным нефтегазовым районам Тимано-Печорской плиты. Поэтому полученная информация более надёжно подчёркивает два основных глубинных критерия расположения месторождений УВ: приуроченность к глубинным разломам, представленным здесь в виде относительно локальных отрицательных структур и определённым типам глубинного строения. Неперспективны окраинные структуры: Ижма-Печорская и Западно-Уральская

мегазоны, включая незначительную перспективность Предуральского прогиба, что не согласуется с данными, приведёнными в работах (Прищеп и др., 2010; 2008). Сведения о специфике глубинного строения на последующих этапах исследований помогут на основе построения 3D модели оценить перспективы поисков месторождений УВ в морской части Тимано-Печорской плиты.

Заключение

Необходимо отметить следующие моменты.

1. Информация в виде сейсмогеоплотностного разреза по геотраверсу АГ-1, дополненная ранее составленным аналогичным разрезом по АГ-2, позволяет составить надежную глубинную основу земной коры для северной сухопутной части ТПП.

2. Глубинные разломы являются, по видимому, одним из основных элементов тектоники, разграничивающие подразделения консолидированной коры. К ним приурочены тектонические нарушения осадочного бассейна. Важную роль в тектонике ТПП играют глубинные субширотные дислокации северо-северо-восточного направления. Такая же ситуация, возможно, в морской части ТПП. Ожидаемые крупные перемещения вероятнее всего имеют дизъюнктивный, а не пликативный характер, как представлено на схеме геокартирования осадочного слоя.

3. Согласно имеющейся сейсмической информации и характеру потенциальных полей в морской части ТПП, отображенных на схеме тектонического районирования, для объяснения значительных перемещений контуров основных подразделений потребуется обязательное составление объемной геолого-геофизической модели верхней части литосферы, как это было сделано для более южных районов. Подобные исследования будут способствовать повышению эффективности регионального прогнозирования, особенно глубоких объектов и новых районов.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта фундаментальных научных исследований УрО РАН 18-5-5-23 (№ 0394-2018-0010).

Литература

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Строение верхней части литосферы и нефтегазоносность недр Уральского региона. Екатеринбург: УрО РАН, 2014. 226 с.

Дружинин В.С., Мартышко П.С., Осипов В.Ю. Новая региональная карта тектоники консолидированного фундамента осадочных бассейнов и приповерхностных складчатых структур Уральского региона // ДАН 2017. Т. 475. № 1. С. 60–63.

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

Егоркин А.В. Строение земной коры по сейсмическим геотраверсам // Глубинное строение территории СССР. М.: Наука, 1991. С. 118–135.

Кольская сверхглубокая / Гл. ред. Е.А. Козловский. М.: Недра, 1984. 490 с.

Морозова Е.А., Павленкова Н.И., Хербст Р. Сейсмическая модель земной коры юго-восточной части Баренцева моря и проблемы неоднозначности её построения // Физика Земли. 1995. № 2. С. 73–83.

Прищеп О.М., Баженова Т.К., Богацкий В.И. Нефтегазоносная система Тимано-Печорского осадочного бассейна (включая акваториальную печороморскую часть) // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 8. С. 1129–1150.

Прищеп О.М., Богацкий В.И., Чумакова О.В., Аверьянова О.Ю. Перспективные направления геологоразведочных работ в Малоземельско-Колгуевской нефтегазоносной области // Разведка и охрана недр. 2010. № 4. С. 45–53.

Прищеп О.М., Орлова Л.М., Чумакова О.В. Каратаихинская впадина – перспективное направление геологоразведочных работ на нефть и газ в Тимано-Печорской нефтегазовой провинции // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 12. С. 9–19.

Сакулина Т.С., Рослов Ю.В., Иванова Н.М. Глубинные сейсмические исследования в Баренцевом и Карском морях // Физика Земли. 2003. № 6. С. 5–20.