

Комплексная геолого-геофизическая характеристика зоны трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск — глубинного долгоживущего магмо- и флюидоподводящего канала

И. К. Пашкевич, О. М. Русаков, 2021

Институт геофизики НАН Украины им. С. И. Субботина, Киев, Украина
Поступила 6 сентября 2021 г.

Установлено, что трансрегиональный шов Херсон—Смоленск расположен между крупными меридиональными разломами кристаллической коры Украинского щита в полосе шириной 50—70 км и разделяет две микроплиты с разным составом докембрийского фундамента. Данный шов прослеживается неоднородностью подкоревой мантии в литосфере проявлением сверхглубинных флюидов и изменением рельефа главной геодинамической границы. Шов контролирует крупные многофазные магматические массивы Украинского щита и проявление основного магматизма Днепровско-Донецкой впадины, возраст которых уменьшается с юга на север от раннего протерозоя на щите до девона во впадине. По обе стороны шва Херсон—Смоленск кристаллическая кора различается по комплексу параметров, включая зону пониженных скоростей в районе Новоконстантиновского рудного поля Украинского щита к востоку от шва, где по данным ГСЗ ее максимальная мощность в верхней коре составляет 10—15 км. Зона, вероятно, представляет собой источник проявлений абиогенного водорода, зафиксированных во время проведения горных работ на рудном поле. Шов Херсон—Смоленск, будучи трансрегиональной мантийной структурой, объединяет существующее проявление углеводородов на Украинском щите с перспективными углеводородными участками Днепровско-Донецкой впадины. Наличие неоднородностей кристаллической коры и верхов мантии дает веские основания обоснованно охарактеризовать трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск как мощный мантийный долгоживущий магматический и флюидоподводящий канал, с которым непосредственно связаны рудопроявления и современная дегазация, в том числе метана — основного парникового газа.

Ключевые слова: трансрегиональный шов Херсон—Смоленск, неоднородности кристаллической коры, магматизм Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины, зона низких скоростей кристаллической коры, дегазация мантии, абиогенные углеводороды.

Введение. В последние десятилетия активно развивается теория дегазации Земли, открывающая новые перспективы в изучении тектоники и оценки потенциала нефтегазоносности, рудообразования и алмазоносности [Дмитриевский, 2009; Валяев, 2013; Шестопалов и др., 2018; Муслимов и др., 2019 и др.]. Особое значение приобретает проблема «подпитки» месторождений углеводорода в осадочном чехле глубинными флюидами в рамках

представлений о неорганическом происхождении углеводорода, главным компонентом которых является метан. Такие факты установлены в ряде месторождений Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ), Татарстана, Башкортостана и других нефтегазоносных провинций. Это позволило сформулировать новую концепцию модели месторождений как сложную и постоянно действующую флюидодинамическую систему, обеспечивающую подток глубин-

ных углеводородных флюидов [Муслимов и др., 2019]. Ключевая роль в этом процессе принадлежит глубинным флюидоподводящим каналам в виде мантийных зон разломов и узлов их пересечения.

Давно известна также связь месторождений рудных полезных ископаемых с разломами разных типов и глубины заложения [Кировоградский ..., 2013; Нечаев и др., 2019 и др.]. Однако среди многочисленных типов рудоконтролирующих разрывных нарушений, несомненно, наибольший интерес представляют флюидоподводящие структуры.

Чрезвычайно важным стимулом изучения путей доставки глубинного метана является его решающий вклад в парниковый эффект, о чем свидетельствует полученная за последние годы информация. В настоящее время объем выбросов метана из геологических объектов в глобальном масштабе превысил мировую эмиссию двуокиси углерода техногенного происхождения [Ritchie, Roser, 2017; Гарькуша, Федоров, 2019], а способность метана создавать парниковый эффект в 25 раз выше, чем у двуокиси углерода [Yvon-Durocher et al., 2014].

Если для характеристики разломов как флюидоподводящих каналов используются в основном косвенные признаки, то воочию в этом можно убедиться в районах с современными активными выделениями метана и в их связи с различной тектоникой. Ярким примером могут служить выбросы метана акватории Черного моря. Здесь зафиксировано около 5000 газовых выходов, 80—95 % которых составляет метан преимущественно мантийного происхождения, причем все они совпадают в пространстве с разломами разного залегания, которые представляют собой подводящие каналы для метаносодержащих флюидов [Rusakov, Kutas, 2018]. Установлена прямая корреляция между количеством газовых проявлений и запасами углеводородов отдельных продуктивных месторождений, что имеет место в глобальном масштабе [Macgregor, 1993].

Анализ связи выходов метана с разломами в земной коре. На рис. 1 показана

ны газовые выходы и система разломов кристаллической коры в северо-западной части Черного моря. По обе стороны бровки шельфа газовые выходы связаны с каньонами палеорек Каланчак, Днепр, Днестр, Кагульник и Дунай. Каньоны — это V-подобные узкие долины глубиной до 1200 м в осадочном чехле, которые пространственно соответствуют глубинным разломам. Ключевую роль в разломной тектонике Черного моря играет Одесско-Синопская зона разломов, прослеженная от Восточно-Европейской платформы через Черное море до Понтида. Зона имеет различную ширину (до 100 км) и состоит из фрагментов одного простирания, часто смещенных относительно друг друга ортогональными к ней разломами. В переходной зоне между континентальной и океанической земной корой в течение 70 млн лет поддерживается тектоническая активность, что приводит к образованию многочисленных разломов, смещений и трещин, которые служат путями миграции метана на дно моря. Современные нарушения сплошности осадочного слоя, каньоны, глубокие тектонические нарушения образуют необходимые каналы для вертикальной миграции метана из резервуаров кристаллической коры и верхней мантии. В кристаллической коре северо-западного шельфа региональным резервуаром являются зоны низких скоростей на глубинах 6—16 км [Корчин, Русаков, 2019].

Профиль, полученный в рамках международной программы «Geology without Limits», проходит по Одесско-Синопской зоне разломов и пересекает полосу интенсивной газоотдачи (сплошное красное пятно) (рис. 2). На сейсмограмме четыре мини-трубы дегазации, ограниченные разломами (красные линии), и многочисленные каналы в форме разломов для вертикальной миграции газов, не достигающие дна моря. Но это обусловлено лишь результатом масштаба съемки, поскольку региональные исследования не предназначены для картирования таких мелких объектов. Дальнейший путь газа наверх показан на рис. 3, где временной разрез получен с по-

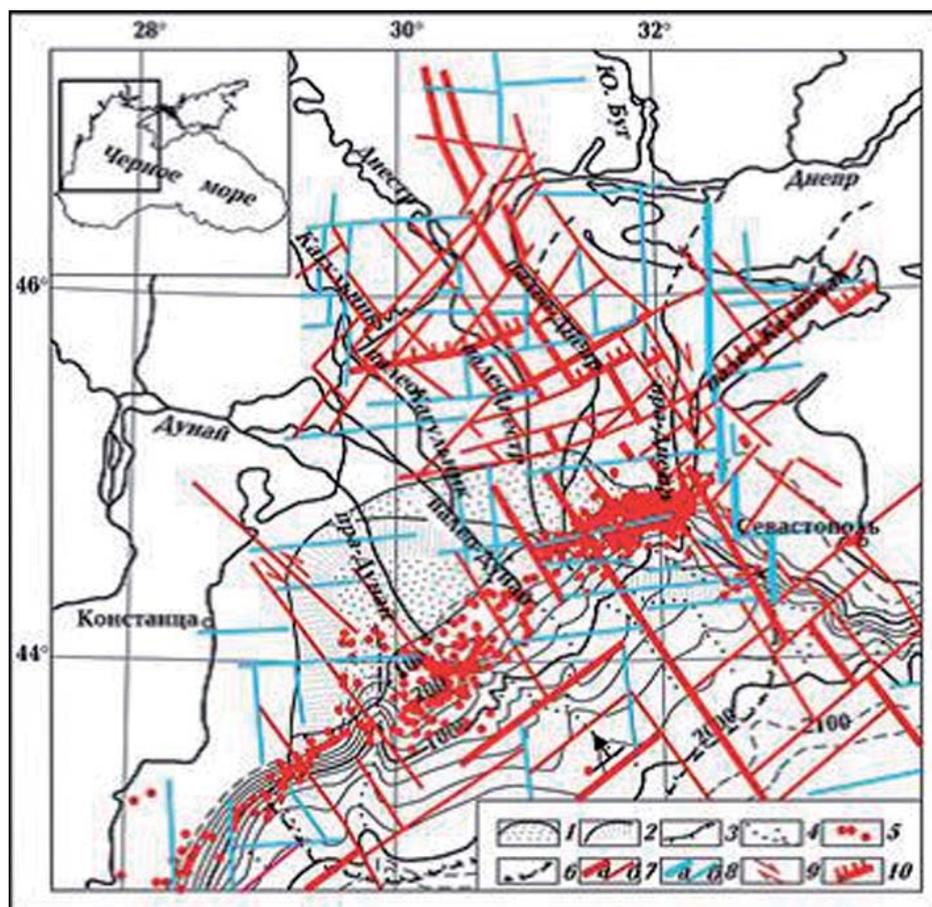


Рис. 1. Газовые выходы, конусы выноса палеорек и разломы кристаллической коры северо-западной части Черного моря [Старостенко и др., 2012]: 1 — дельтовые отложения; 2 — неоген-палеогеновый склон; 3 — бровка современного шельфа; 4 — конусы выноса; 5 — газовые выходы; 6 — граница конусов выноса; 7 — разломы диагональной системы первого (а) и второго (б) ранга; 8 — разломы ортогональной системы первого (а) и второго (б) ранга; 9 — относительные смещения вдоль разломов; 10 — южная граница Восточно-Европейской платформы. ОС — Одесско-Синопская зона разломов.

Fig. 1. Gas escapes, fans of paleo-rivers and faults of the crystalline crust in the NW Black Sea [Starostenko et al., 2012]: 1 — fan deposits; 2 — the Neogene-Paleogene slope; 3 — break of the present-day shelf; 4 — fans; 5 — gas escapes; 6 — fans boundary; 7 — diagonal system faults of the first order (a) and the second order (b); 8 — orthogonal system faults of the first order (a) and the second order (b); 9 — relative displacement along faults; 10 — the southern boundary of the East European Platform. OS — the Odesa-Sinop fault zone.

мощью аппаратуры с высокой разрешающей способностью.

Профилерование было выполнено на трех частотах (30, 200 Гц и 38 кГц), что дало возможность зафиксировать выходы газов и детально изучить особенности строения осадочного чехла до глубины 500 м от дна моря. На рис. 3 (вверху) представлен типичный пример сейсмической записи вдоль профиля на шельфе, где глубины колеблются от 20 до 50 м, [Корчин и др., 1998]. На низкочастотной сейс-

мограмме достоверно просматриваются четыре зоны (бледные синие штриховые линии), по крайней мере до глубины 550 м от дна моря. Структура осадков в каждой из них разная. В первой зоне отдельные слои осадков смяты и слегка приподняты в центре. Для второй зоны характерной чертой является разрыв сплошной структуры осадков и сброс их правой части. В третьей зоне нарушения аналогичны предыдущему случаю, но сброс развернут влево, будто образуя небольшую антиклиналь вместе

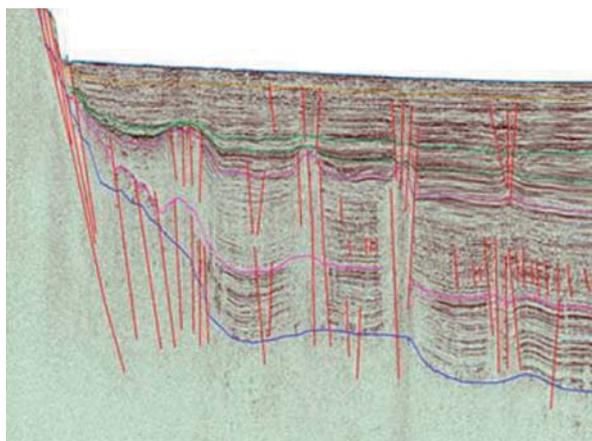


Рис. 2. Фрагмент временного разреза вдоль субмеридионального профиля BS-50 в переходной зоне от шельфа к Западно-Черноморской впадине [Сенин и др., 2012].

Fig. 2. Fragment of seismic reflection profile along submeridional BS-50 line in the transitional zone between the shelf and West Black Sea depression [Senin et al., 2012].

с правосторонним сбросом второй зоны между обозначениями 4,5—7 км. Во всех четырех зонах эхолотом зарегистрированы активные выбросы газа.

Более детальная картина состояния верхних горизонтов осадков в интервале 3,9—5,1 км получена с помощью среднечастотного комплекса с искровым излучателем (рис. 3, внизу). Под незначительным слоем современных осадков четко видно конусоподобное тело. Оно ограничено структурно неоднородными, смятыми отложениями, которые интенсивно отражают упругие волны. В середине этого тела расположена более-менее однородная масса осадков с высоким коэффициентом поглощения упругих волн.

Когда давление газа, который непрерывно поступает снизу, превышает геостатическое давление в капиллярной системе осадочных отложений, происходит разрыв придонных слоев и газ периодически выбрасывается в воду через узкий канал шириной 20—40 м, образуя газовые выходы.

Приведенные примеры современных газовых выходов, путей их поступления в осадочный чехол и максимальной их концентрации в зоне глубинного Одесско-Синопского разлома демонстрируют связь

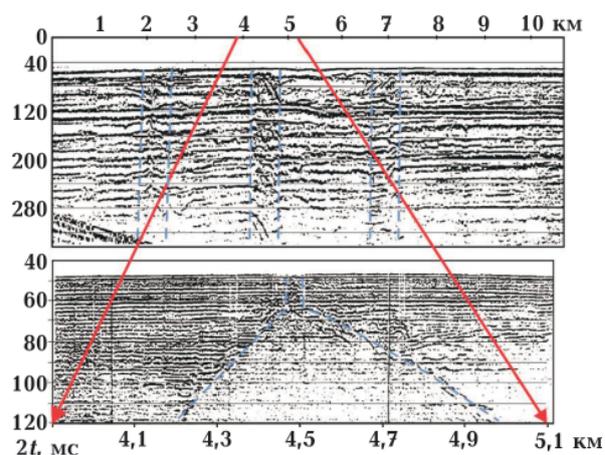


Рис. 3. Временной разрез субмеридионального сейсмоакустического профиля на нижнем шельфе в северо-западной части Черного моря в зоне Одесско-Синопского разлома [Корчин др., 1998]. Верхний рисунок — пневматический излучатель; нижний рисунок — искровой излучатель.

Fig. 3. Seismic reflection profile of submeridional seismic-acoustic line on the lower shelf in the NW Black Sea within the Odesa-Sinop fault [Korchin et al., 1998]. Airgun (upper), sparker (lower) records.

и обусловленность дегазации Земли с мантийными процессами.

Глубинное строение зоны трансрегионального тектонического шва Херсон—Смоленск. Трансрегиональный тектонический шов субмеридионального простираения Херсон—Смоленск (рис. 4) был отнесен к глубинным структурам в процессе комплексного геолого-геофизического исследования глубинного строения Украинского щита (УЩ) как составной части юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы [Схема..., 1992]. Он прослежен в меридиональном направлении на протяжении более 800 км от Осницко-Микашевичского вулканического пояса, через Воронежский массив, ДДВ, УЩ предположительно до южной границы Восточно-Европейской платформы. Положение шва на поверхности докембрийского фундамента не было определено однозначно. Однако он достаточно четко фиксируется по ряду глубинных характеристик земной коры по обе стороны от него. В частности, большей средней мощностью коры западной части УЩ по сравнению с восточной, большей степенью ее основности, различными преобладающими типами коры и раз-

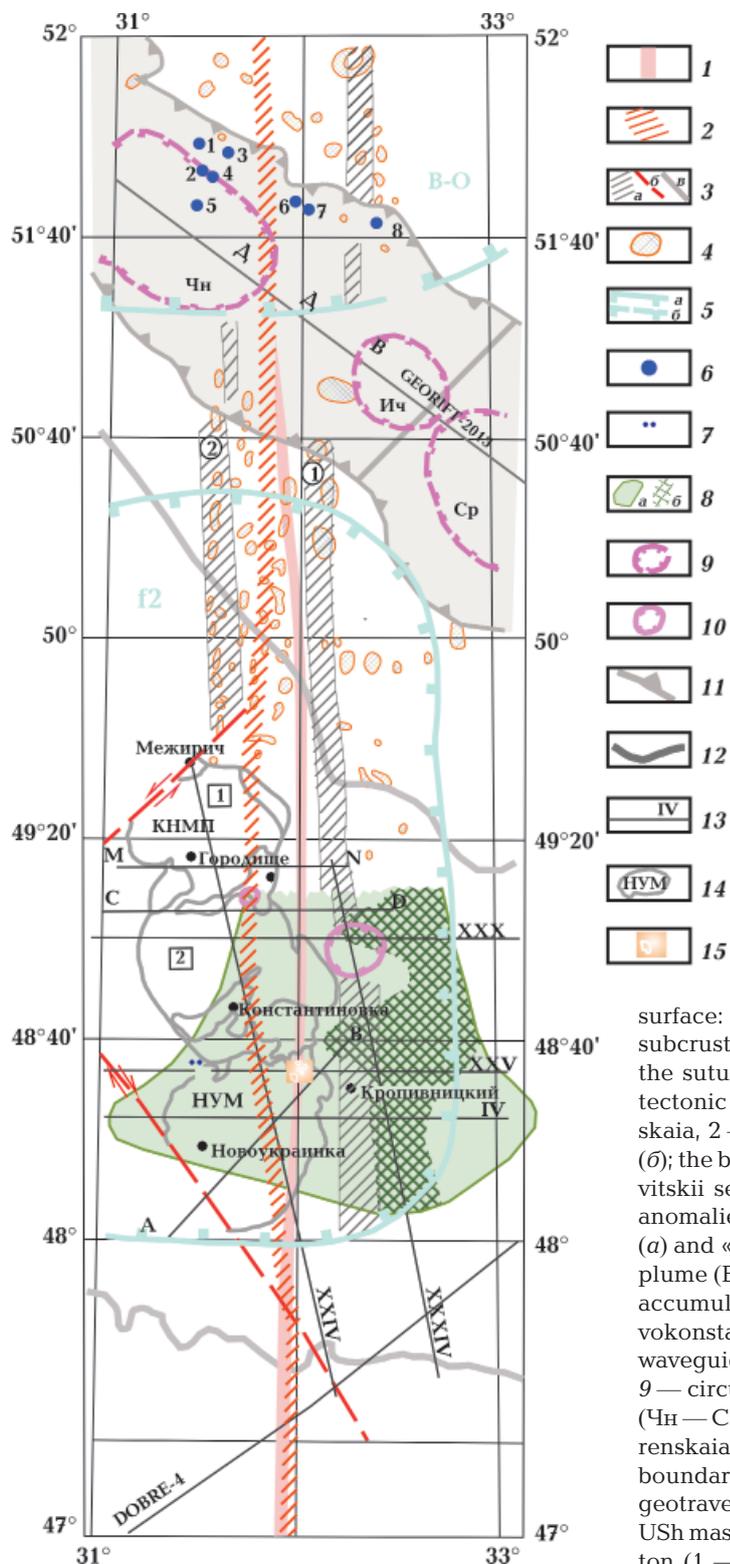


Рис. 4 Трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск: проекция положения шва в кристаллической коре на земную поверхность: 1 — смена интенсивности аномалий V_p подкоровой мантии — предполагаемое мантийное проявление шва; 2 — трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск; 3 — зоны разломов (а): 1 — Кировоградская, 2 — Ядловско-Трактемировская; разломы УЩ (б), граница Черниговского и Лохвицкого сегментов ДДВ (в); 4 — локальные положительные магнитные аномалии; 5 — границы сверхглубинного флюида (f2) (а) и область «растекания» Волыно-Оршанского плюма (В-О) (б); 6 — геоэлектрические аномалии типа «нефтегазовая залежь» [Левашов и др., 2010]; 7 — Новоконстантиновское проявление газа; 8 — область корового волновода мощностью менее 10 км (а), более 10 км (б); 9 — кольцевые структуры ДДВ, по [Пашова та ін., 2013] (Чн — Черниговская, Ич — Ичнянская, Ср — Сребненская); 10 — кольцевые структуры УЩ; 11 — граница ДДВ; 12 — граница УЩ; 13 — профили ГСЗ и геотраверсов DOBRE-4 и GEORIFT 2013; 14 — массивы УЩ (КНМП — Корсунь-Новомиргородский плутон (1 — Корсунь-Шевченковский, 2 — Шполянський масиви), НУМ — Новоукраїнський масив); 15 — Грузьке поле експлозивних структур [Гайовський і др., 2019]. А—В, С—D, М—N — профілі розрізів см. рис. 5

Fig. 4. The Kherson-Smolensk transregional tectonic suture: projection of the suture location in the crystalline crust on the Earth's surface: 1 — change in intensity of V_p anomalies in the subcrustal mantle — supposed mantle manifestation of the suture; 2 — the Kherson-Smolensk transregional tectonic suture; 3 — fault zones (a): 1 — Kirovogradskaiia, 2 — Iadlovsko-Tractemirovskaiia; the USh faults (b); the boundary between the Chernigovskii and Lohkvitskii segments of the DDD (v); 4 — local magnetic anomalies; 5 — boundary of the superdeep fluid (f2) (a) and «dispersion» domain of the Volyno-Orshanskii plume (B-O) (b); 6 — geoelectric anomalies of «oil-gas accumulation» type [Levashov et al., 2010]; 7 — Novokonstantinovskoe gas show; 8 — subcrustal seismic waveguide lesser than 10 км (a), more than 10 км (b); 9 — circular features of the DDD [Pashova et al., 2012] (Чн — Chernigovskaia, Ич — Ichnianskaia, Ср — Srebrenskaia); 10 — circular features of the USh; 11 — DDD boundary; 12 — Ush boundary; 13 — DDS profiles and geotraverses DOBRE-4 и GEORIFT 2013 lines; 14 — USh massifs (КНМП — Korsun-Novomirgorodskii pluton (1 — Korsun-Shevchenkovskii, 2 — Shpolianskii massifs), НУМ — Novoukrainskii massif); 15 — Gruzskoe field of explosive features [Gaiovskii et al., 2019]. A—B, C—D, M—N — location of cross-sections (see Fig. 5).

личными структурными планами рельефа раздела Мохо.

В докембрийском фундаменте УЩ шов занимает центральное положение, разделяя Ингульский мегаблок на западную метабазит-гранулитовую и восточную метабазит-амфиболитовую микроплиты с северо-западным и широтным простиранием морфологической оси щита соответственно. В этих микроплитах выделены две системы главных разломов: диагональная на западе и ортогональная на востоке. Показательна также магмогенерирующая роль шва, поскольку к нему приурочены крупные магматические образования различного возраста, а именно: Новоукраинский массив (2,04 млрд лет), многофазный Корсунь-Новомиргородский плутон (1,75 млрд лет), девонские мафические и ультрамафические образования ДДВ [Wilson, Lyashkevich, 1996].

Трехмерное магнитное и гравитационное моделирование [Пашкевич, Бакаржиева, 2013; Старостенко и др., 2015] выявило существенную неоднородность глубинного строения этих массивов, что отражает неоднородность коры во время их образования и неоднородность магматической активности шва (рис. 5). Как видно, общей закономерностью строения коры магматических массивов в районе трансрегионального шва Херсон—Смоленск является подъем кровли нижней коры при одновременном уменьшении мощности средней. Более ярко это выражено в Корсунь-Новомиргородском плутоне. Здесь же шов фиксирует ступень раздела Мохо, погружающегося с востока на запад с глубин 39—40 до 45—50 км. В Шполянском массиве при этом предполагается наличие коромантийной смеси. В Новоукраинском массиве рельеф Мохо практически плоский, а верхняя кора имеет большую мощность (до 15 км). Такое строение коры, вероятно, связано с разным возрастом формирования массивов и их составом. Утонение средней коры скорее всего можно объяснить отражением этапа раздвига в зоне шва. Сам шов как ось зоны раздвига [Гинтов, Мычак, 2011] имеет падение, выполаживающееся к

востоку и в глубинных частях коры сочленяется с Кировоградской зоной разломов.

Дальнейшие исследования показали длительное развитие шва. Об этом свидетельствует не только многофазность формирования гранитов рапакиви и габбро-анортозитов Корсунь-Новомиргородского плутона, но и результаты магнитного моделирования. Как видно на рис. 5, магнитные образования верхней коры обладают и прямой, и обратной намагниченностью, что подтверждает их разновозрастность. Шов рассматривается как коллизионная структура сочленения западной и восточной микроплит щита, начиная с 2,4—2,3 млрд лет [Гинтов, Мычак, 2011]. Последние данные сейсмотомографии и ГСЗ свидетельствуют о его мантийной природе [Цветкова и др., 2017; Starostenko et al., 2017a,b].

В пределах УЩ шов является центральной структурой между крупными меридиональными зонами разломов: Кировоградской на востоке и Звенигородско-Братской и Ядловско-Трахтемировской на западе [Тектонічна..., 2007]. В центральной части УЩ, как было отмечено, шов контролирует крупные разновозрастные магматические массивы, расположенные между Кировоградской и Звенигородско-Братской зонами разлома. Далее на север вдоль шва и сопутствующих меридиональных зон разломов вплотную к границе ДДВ зафиксирован ряд локальных положительных магнитных аномалий, которые, возможно, также обусловлены проявлениями основного магматизма. Границы УЩ и ДДВ изменяют конфигурацию под влиянием шва.

В глубинной структуре кристаллической коры УЩ, в ее верхней части, заслуживает внимания положение области пониженных скоростей, зафиксированной по данным ГСЗ [Starostenko et al., 2017a]. Мощность области изменяется от 5 до 15 км, причем в краевой части Кировоградской зоны наблюдается ее относительное увеличение. Непосредственно под южным продолжением шва между Звенигородско-Братской и Кировоградской зонами разломов на профиле DOBRE-4 обнаружена локальная область понижения скорости на

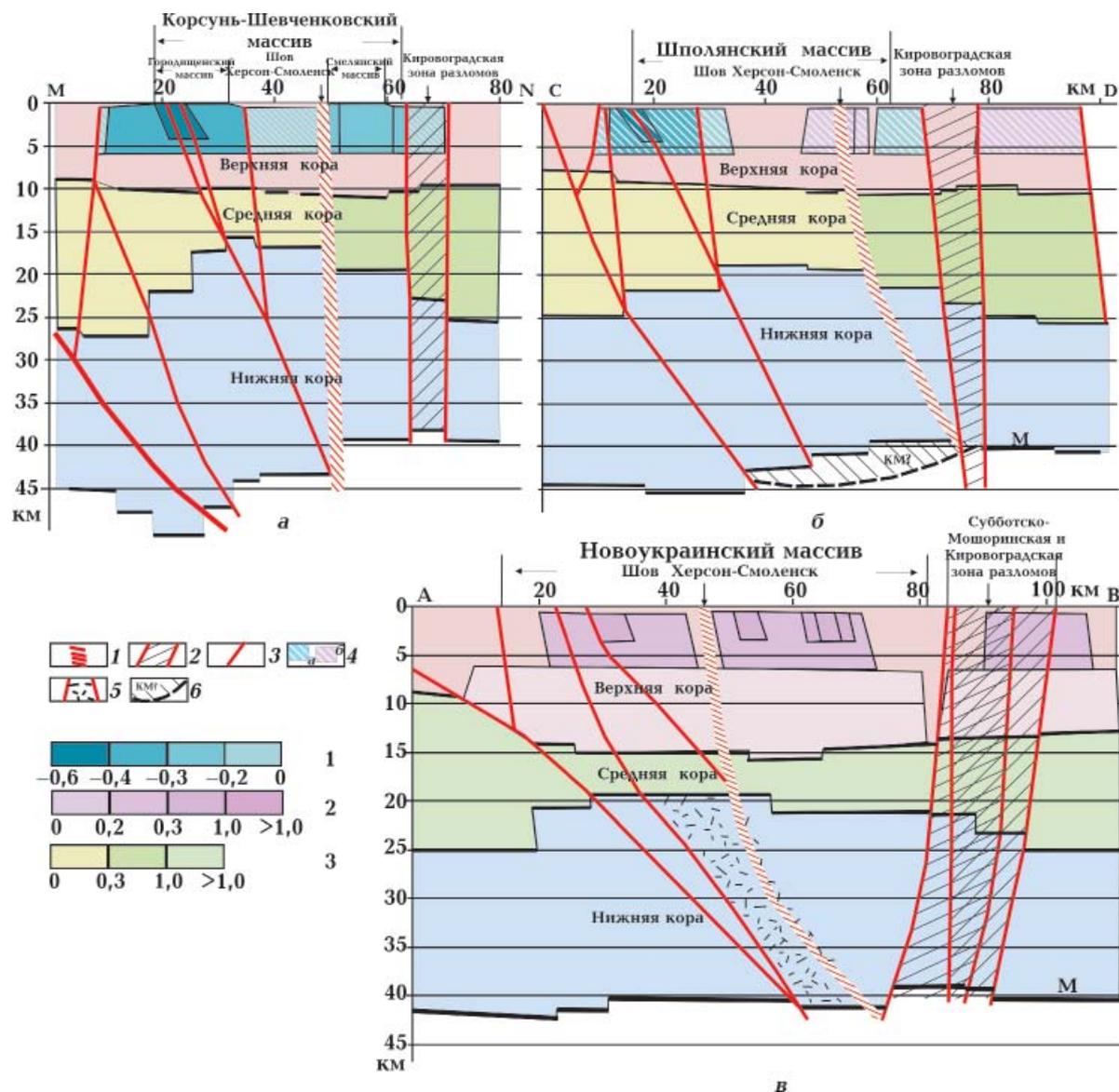


Рис. 5. Магнитная модель земной коры по профилям, секущим Корсунь-Шевченковский и Шполянский массивы Корсунь-Новомиргородского плутона и Новоукраинского массива (см. рис. 4) [Пашкевич, Бакаржева, 2013]. Использованы данные гравитационного моделирования [Старостенко и др., 2015]: 1 — трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск; 2 — Кировоградская зона разломов; 3 — главные разломы; 4 — погребенные источники магнитных аномалий (а — с обратной, б — с прямой намагниченностью); 5 — глубинная часть шва Херсон—Смоленск; 6 — коромантийная смесь.

Шкалы интенсивности в А/м: 1 — обратной намагниченности, 2 — прямой намагниченности, 3 — прямой намагниченности средней коры

Fig. 5. Magnetic model for the Earth's crust along lines crossing the Korsun-Shevchenkovskii and Shpolianskii massifs of the Korsun-Novomirgorodskii pluton and the Novoukrainskii massif (see Fig. 4) [Pashkevich, Bakarjeva, 2013]. Gravity modelling data are used [Starostenko et al., 2015]: 1 — the Kherson-Smolensk transregional tectonic suture; 2 — the Kirovogradskaiia fault zone; 3 — main faults; 4 — buried sources of magnetic anomalies (a — reversed magnetization, б — normal magnetization); 5 — deep part of the Kherson-Smolensk suture; 6 — crust-mantel mixture.

Intensity scale, A/m: 1 — reversed magnetization, 2 — normal magnetization, 3 — normal magnetization of the middle crust.

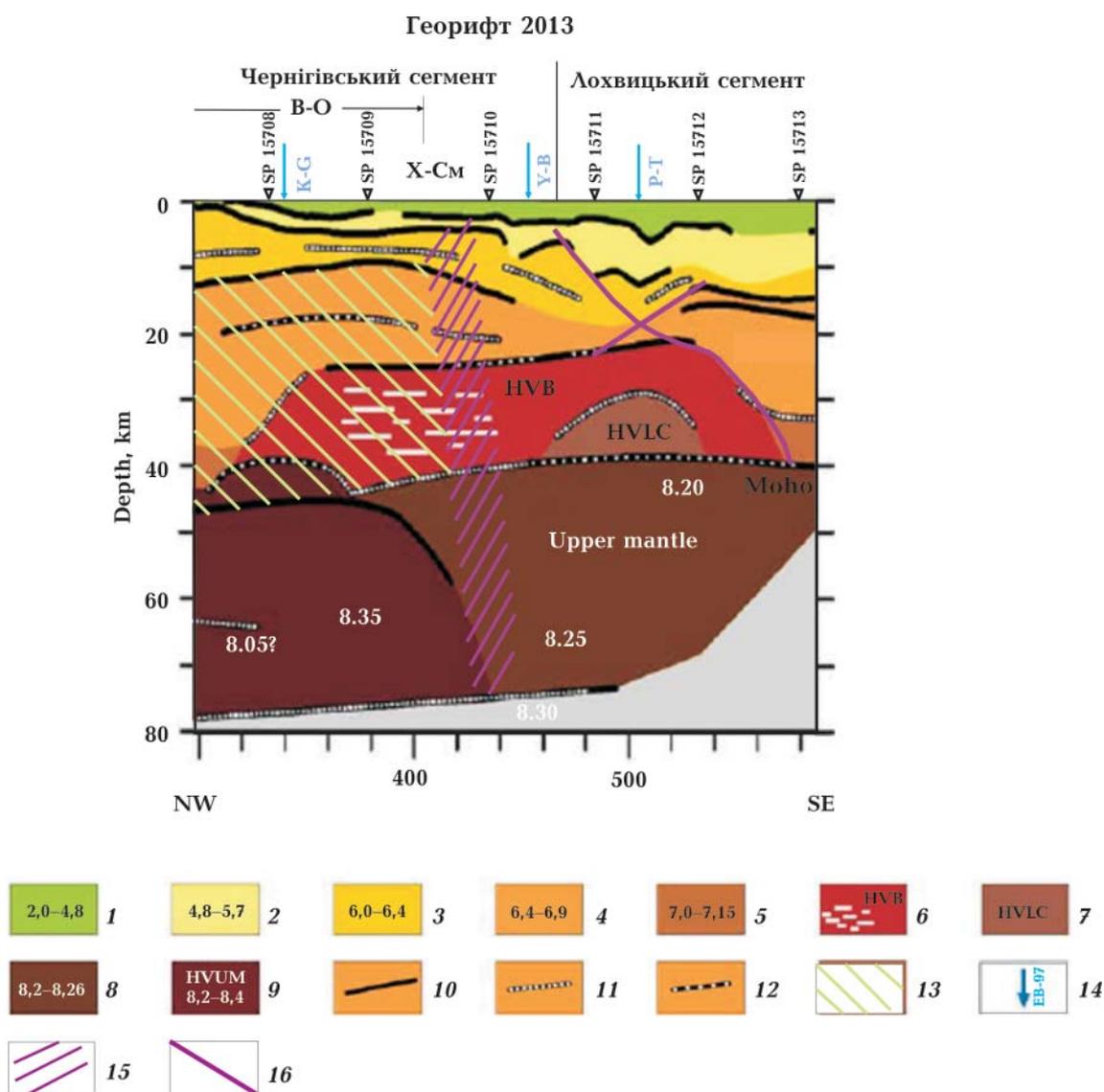


Рис. 6. Упрощенный разрез структуры литосферы по фрагменту профиля GEORIFT 13 [Starostenko et al., 2017b] и позиция шва Херсон—Смоленск: 1, 2 — осадочный чехол; 3 — верхняя кристаллическая кора; 4 — средняя кора; 5 — нижняя кора; 6 — высокоскоростное тело; 7 — высокоскоростная нижняя кора; 8, 9 — верхняя мантия; 10—12 — фрагменты главных границ; 13 — положение глубинного магнитного источника; 14 — точки пересечения с профилями ГСЗ; 15 — трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск (Х-См); 16 — межсегментный разлом ДДВ. Пункты взрыва показаны треугольниками. В условных обозначениях отмечены интервалы V_p . В-О — область растекания Волыно-Оршанского плюма [Цветкова и др., 2019].

Fig. 6. Simplified cross-section of the lithosphere along the fragment of the GEORIFT 13 line [Starostenko et al., 2017b] and location of the Kherson-Smolensk suture: 1, 2 — sedimentary cover; 3 — upper crystalline crust; 4 — middle crust; 5 — lower crust; 6 — high velocity body; 7 — high velocity upper mantle; 8, 9 — upper mantle; 10—12 — fragments of main boundaries; 13 — location of deep magnetic source; 14 — crossing points with the DSS lines; 15 — the Kherson-Smolensk transregional tectonic suture (X-Cm); 16 — intersegment fault of the DDD. Triangles denote shot points. V_p intervals are shown in Legend, B-O — «dispersion» domain of the Volyno-Orshanskii plume [Tsvetkova et al., 2020].

0,05—0,10 км/с относительно смежных блоков до глубины 15 км, а также прогиб раздела Мохо до 45 км [Starostenko et al., 2017a].

Анализ главных особенностей тектоносферы по результатам сейсмотомографии показал, что ось зоны изменения интен-

сивности аномалий скорости V_p в подкоровой мантии повторяет простирание шва и крупных неоднородностей нижней коры. Шов в пределах УЩ находится в осевой части сверхглубинного флюида f2, а в ДДВ — в краевой части области растекания Вольно-Оршанского плюма [Цветкова и др., 2017]. Показательно также, что эта трансрегиональная шовная зона находит отражение в поведении Главной геодинамической границы мантии. Западнее шва под УЩ она зафиксирована на глубине 575 км, восточнее — на 675 км [Цветкова и др., 2019], что свидетельствует о разной активности мантии по обе стороны шва.

В ДДВ трансрегиональный шов Херсон—Смоленск, согласно данным ГСЗ по профилю GEORIFT 2013, так же, как под УЩ, разделяет верхнюю подкоровую мантию на относительно высокоскоростную ($V_p=8,35$ км/с) на западе и низкоскоростную ($V_p=8,30$ км/с) на востоке (рис. 6). По данным ГСЗ [Starostenko et al., 2017a], в нижней коре ДДВ непосредственно к западу от шва выделено высокоскоростное тело, которое коррелирует с глубинным магнитным источником средней и нижней коры с интенсивностью намагниченности 3,5 А/м [Тектоника ..., 2015]. Аномальное строение средней и нижней коры (подъем кровли средней коры, резкий обрыв кровли нижней коры, локальный подъем ее подошвы и присутствие высокоскоростного тела в нижней коре), безусловно, свидетельствуют о магматическом происхождении магнитного объекта и его связи с трансрегиональным швом Херсон—Смоленск. Такое строение коры и верхней мантии Черниговского сегмента ДДВ объясняет его уникальную природу и наличие щелочно-ультраосновных магматических образований в девонских отложениях впадины, что подтверждается также выделенной авторами работы [Пашова и др., 2013] Черниговской кольцевой структуры.

Итак, подводя итог изложенного о трансрегиональном тектоническом шве Херсон—Смоленск, подчеркнем основные его черты в кристаллической коре и мантии:

– шов расположен между крупными меридиональными разломами в полосе шириной 50—70 км и разделяет две микроплиты УЩ с разным составом докембрийского фундамента;

– он контролирует магматические образования, причем возраст их проявления уменьшается с юга на север от раннего протерозоя на УЩ до девона в ДДВ;

– по обе стороны от шва кристаллическая кора различается по комплексу параметров и включает зону пониженных скоростей в пределах УЩ;

– в мантии шов прослеживается неоднородностью ее подкоровых частей и более глубинными особенностями, главными из которых являются проявление сверхглубинных флюидов и изменение рельефа главной геодинамической границы.

По этим признакам шов рассматривается как структура мантийного заложения, неоднократно активизированная в течение развития литосферы, в том числе в современный период флюидизации мантии, и как структура, где неоднократно изменялся геодинамический режим. Об этом свидетельствует проявление магматизма разного типа, с которым тесно связан процесс флюидизации и «прорывной» дегазации [Дмитриевский, 2009].

Такой вывод подтверждается совсем не обычным для УЩ проявлением углеводородов в известном Новокопачевском урановом месторождении, которое находится в так называемом Кировоградском рудном регионе [Кировоградский ..., 2013], где известны гидротермальные и метасоматические типы полезных ископаемых. Возможность минерального синтеза углеводородов А. Н. Дмитриевский связывает с восстановительным составом флюидов и контрастной неоднородностью верхней мантии, а именно, с мантийными волноводами и субвертикальными скоростными контактами, иногда транскорового характера. На примере Уренгойского месторождения показана скоростная неоднородность мантии (8,33—8,25 км/с) в сочетании с волноводом, где $V_p=8,09$ км/с. Удивительно, что именно такое изменение

скоростей подкорковой мантии по данным ГСЗ по профилю GEORIFT 2013 (см. рис. 6) существует под трансрегиональным швом Херсон—Смоленск, хотя мощный волновод под ним не обнаружен.

На локальном участке Новокопониновской зоны разломов в пределах УЩ методом СКИП-ВЭР обнаружены и закартированы три аномальные геоэлектрические зоны типа «залежь газа (конденсат)» площадью 3,2 км². Такие же аномалии зарегистрированы на северном борту ДДВ в районе трансрегионального шва Херсон—Смоленск [Левашов и др., 2010]. В пределах Новокопониновского рудного поля во время проведения горных работ неоднократно визуально регистрировались газопроявления в виде «тумана» и наблюдались газоконденсат с характерным запахом. Газопроявления сопровождалась самовозгоранием метана, концентрация которого достигала 10 % [Шестопалов и др., 2018].

Как отмечалось выше (см. рис. 4), в этом районе в верхней коре по данным ГСЗ зафиксирована зона низких скоростей с максимальной мощностью (10—15 км) к востоку от шва Херсон—Смоленск. Формирование зон низких скоростей и плотностей с соответствующим увеличением пористости, проницаемости и гигроскопичности авторы работы [Корчин, Русаков, 2019] связывают с термобарическим механизмом. Зоны низких скоростей интерпретируются как фильтрующие системы флюидов [Павленкова, 2006; Дмитриевский, 2009; Валяев, 2013 и др.]. В таких зонах «возможны более активные процессы массопереноса, газовой-жидких флюидов, в том числе и углеводородов возможно глубинного происхождения» [Корчин и др., 2020, с. 167]. Такой вывод авторами подтверждается экспериментальными данными по изучению плотности и скорости V_p пород УЩ в термобарических условиях глубин до 20 км, а также Новокопониновским проявлением углеводорода и наличием здесь многочисленных метасоматических рудных проявлений и месторождений.

Таким образом, шов Херсон—Смо-

ленск, являясь трансрегиональной мантийной структурой, объединяет существующие проявления углеводородов на УЩ с перспективными участками ДДВ. Как магмоподводящий канал зона шва представляет интерес с точки зрения алмазоносности.

В Кировоградском рудном районе, перспективном на алмазоносность, установлены западины в кристаллическом фундаменте, с которыми связано проявление своеобразного взрывчатого (кимберлит-лампроитового) магматизма [Гайовский и др., 2019] и возможная алмазоносность. В районе выделено и разбурено 12 трубок-подобных тел и выявлено несколько гравитационных и магнитных аномалий. Эти тела штокверк-маарового типа имеют признаки перехода к глубинным подводящим каналам. Их формирование авторы цитируемой работы связывают с альпийским вулканизмом и взаимодействием горячих мантийных газов-флюидизаторов как производных мантийных плюмов. В нашем случае источником таких процессов может быть установленный по данным сейсмо-томографии флюид f2 (см. рис. 4). Трубки образуют линейные группы. В частности, Грузское поле, за исключением двух трубок, имеет меридиональное простирание и расположено в зоне шва Херсон—Смоленск.

Заключение. Трансрегиональный шов Херсон—Смоленск, выделенный изначально как глубинная структура, разделяющая два крупных сегмента юго-западной части Восточно-Европейской платформы, нашел проявление в строении докембрия УЩ как граница двух микроплит с метабазит-гранулитовым и метабазит-амфиболитовым основанием.

Как показал дальнейший анализ данных сейсмо-томографии, шов фиксируется в неоднородном строении подкорковой мантии как граница закономерной смены интенсивности аномалий скорости распространения продольных сейсмических волн с перепадом ΔV_p около 0,05 км/с. Сверхглубинный флюид по тем же данным зафиксирован под швом в пределах УЩ и его склонов.

С позиции «горячей» и «холодной» дегазации [Шестоपालов и др., 2018] начальной ее стадией являются глубинные разломы как линейные подводящие каналы магмы и флюидов.

Трансрегиональный шов Херсон—Смоленск контролирует крупные разновозрастные многофазные магматические массивы УЩ и магматизм ДДВ. При этом проявление магматизма «омолаживается» от раннего протерозоя на юге УЩ до девона в ДДВ, что указывает на длительную его активность. Поскольку отдельные магматические очаги могут продуцировать интенсивное образование многостадийных восходящих шлейфов, в сочетании с холодной дегазацией глубинный шов в приповерхностных частях коры должен

сопровождаться рудо- и нефтидогенезом.

Действительно, в зоне шва на УЩ расположен Криворожский рудный район с проявлениями алмазов и углеводорода, т. е. шов связывает нефтегазоносную провинцию ДДВ и проявление углеводорода УЩ.

Анализ неоднородностей консолидированной коры и мантии позволил достаточно обоснованно охарактеризовать трансрегиональный тектонический шов Херсон—Смоленск как мощный мантийный долгоживущий (от раннего протерозоя до позднего мела) магматический и флюидоподводящий канал, с которым непосредственно связаны рудопроявления и современная дегазация углеводородов, состоящих практически из метана—самого действенного парникового газа.

Список литературы

- Валяев Б. М. От генезиса традиционных к генезису традиционных и нетрадиционных скоплений и ресурсов углеводородов. *Электронный научный журнал «Георесурсы, геодинамика и геополитика»*. 2013. Вып. 1(7). Режим доступа: <http://oilgasjournal.center.ru/archive/issue/details/1356/1490>.
- Гайовский О. В., Бекеша С. Н., Сливко Е. М., Яценко Г. М. Геология и литолого-структурные условия локализации брекчиевидных пород центральной части Украинского щита (на примере Грузского поля трубообразных тел). *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 6. С. 93—110. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190068>.
- Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А. Глобальная эмиссия метана геологическими источниками. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019. № 3(81). <http://doi.org/10.23670.IRJ.2019.81.3.006>.
- Гинтов О. Б., Мычак С. В. Геодинамическая эволюция Ингульского мегаблока Украинского щита по геолого-геофизическим и тектонофизическим данным. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 102—118. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116932>.
- Дмитриевский А. Н. Энергетика, динамика и дегазация Земли. *Электронный научный журнал «Георесурсы, геодинамика, геополитика»*. 2009. № 1. Режим доступа: <http://oilgasjournal.ru/2009-1/1-rubric/dmitrievsky-energ>.
- Кировоградский рудный район. Глубинное строение. Тектонофизический анализ. Месторождения рудных полезных ископаемых. Под ред. В. И. Старостенко, О. Б. Гинтова. Киев: Прастьє луды, 2013, 499 с.
- Корчин В. А., Буртний П. А., Карнаухова Е. Е. Плотность магматических, ультраметаморфических пород Украинского щита в модельных глубинных условиях земной коры (экспериментальные данные). *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 5. С. 148—171.
- Корчин В. А., Буртний П. А., Коболев В. П., Русаков О. М., Волошин Л. Н., Алябьев А. Я. Сейсмоакустические исследования газоделяющих структур дна северо-западной части Черного моря. *Геофиз. журн.* 1998. Т. 20. № 5. С. 110—117.
- Корчин В. А., Русаков О. М. Зона разуплотнения термобарического типа в кристаллической юре северо-западного шельфа Черного моря — потенциальный региональный коллектор абиогенного метана. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 2. С. 99—111. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164456>.
- Левашов С. П., Якимчук Н. А., Корчагин И. Н. О

- возможности картирования геоэлектрическими методами скоплений углеводородов в кристаллических породах. *Геоинформатика*. 2010. № 1. С. 22—32.
- Муслимов Р. Х., Трофимов В. А., Плотникова И. Н., Ибаттулин Р. Р., Горюнов Е. Ю. Роль глубинной дегазации Земли и кристаллического фундамента в формировании и естественном восполнении запасов нефтяных и газовых месторождений. Казань, 2019. 264 с.
- Нечаев С. В., Гинтов О. Б., Мычак С. В. О связи редкоземельной, редкометалльной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 1. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 1. С. 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861>.
- Павленкова Н. И. Флюидный режим верхних оболочек Земли по геофизическим данным. Проблема глобальной геодинамики. *Матер. Всерос. симпозиума «Глубинные флюиды и геодинамика» (Москва, 19—21 ноября, 2003)*. Москва: Изд. Геол. ин-та РАН, 2006. С. 201—218.
- Пашкевич И. К., Бакаржиева М. 3D магнитная модель Корсунь-Новомиргородского плутона и ее геологическая интерпретация. *Геофиз. журн.* 2013. Т. 35. № 4. С. 115—126. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i4.2013.111427>.
- Пашова Н. Т., Кривошея В. А., Марина Н. В., Федорчук Н. И. Кільцеві структури північної прибортової зони ДДЗ — глибинні канали міграції ВВ — аналоги «GASHIMNEY». *Азово-Чорноморський полігон изучения геодинамики и флюидодинамики формирования месторождений нефти и газа. Тез. докл. XI Международной конференции «Крым-2013»*. Симферополь, 2013. С. 32—33.
- Сенин Б. В. Отчет по программе морских научных работ «Изучение геологического строения докайнозойских отложений и глубинной структуры бассейна Черного моря», (Украинский сектор). Геленджик, 2012.
- Старостенко В. И., Лукин А. Е., Русаков О. М., Пашкевич И. К., Кутас Р. И., Гладун В. В., Лебедь Т. В., Максимчук П. Я., Легостаева О. В., Макаренко И. Б. О перспективах открытия массивных залежей углеводородов в терогенных ловушках Черного моря. *Геофиз. журн.* 2012. Т. 34. № 5. С. 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i5.2012.116660>.
- Старостенко В. И., Лукин А. Е., Цветкова Т. А., Шумлянская Л. Э. Геофлюиды и современное проявление активизации Ингульского мегаблока Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 5. С. 3—25. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100/v36i5.111567>.
- Старостенко В. И., Куприенко П. Я., Макаренко И. Б., Савченко А. С., Легостаева О. В. Плотностная неоднородность земной коры Ингульского мегаблока Украинского щита по данным 3D гравитационного моделирования. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 3. С. 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i3.2015.111089>.
- Схема глубинного строения литосферы юго-западной части Восточно-Европейской платформы. М-б 1:1 000 000. Ред. А. В. Чекунов. Киев: Госкомгеология, Геопрогноз, Центр геология, ПО «Беларусь», Всероссийский геологический Институт, Воронежский госуниверситет, 1992. 6 л.
- Тектоника и углеводородный потенциал кристаллического фундамента Днепровско-Донецкой впадины. Ред. В. И. Старостенко, О. М. Русаков. Киев: Галактика, 2015, 212 с.
- Тектонічна карта України. М-б 1:1 000 000. Гол. ред. С. Гурський. Київ: Вид. Міністерства охорони природного середовища України, Держ. геол. служби, 2007.
- Цветкова Т. А., Бугаенко И. В., Заяц Л. Н. Главная геодинамическая граница и сейсмическая визуализация плюмов Восточно-Европейской платформы. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 1. С. 137—152. <https://doi.org/10/24028/gzh.0203-3100.v41i1/2019/158868>.
- Цветкова Т. А., Бугаенко И. В., Заяц Л. Н. Сейсмическая визуализация плюмов и сверхглубинных флюидов в мантии под территорией Украины. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 4. С. 42—54. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i4.2017.107506>.
- Шестопапов В. М., Лукин А. Е., Згонник В. А., Макаренко А. Н., Ларин Н. В., Богуславский А. С. Очерки дегазации Земли. Киев: ЧП «Итек-сервис», 2018, 232 с.

- Macgregor, O. (1993). Relationship between seepage, tectonics and subsurface petroleum reserves. *Marine and Petroleum Geology*, 10(6), 606—619. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(93\)90063-X](https://doi.org/10.1016/0264-8172(93)90063-X)Get.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2017). *CO₂ and Greenhouse Gas Emissions*. Our World in Data. Retrieved from <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emission>.
- Rusakov, O. M., Kutas, R. I. Mantle origin of methane in the Black Sea. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 5. С. 191—207. <https://doi.org/10.24028/gzh.023-3100.v40i5.2018.147482>.
- Starostenko, V. I., Janik, T., Gintov, O. B., Lysynchuk, D. V., Środa, P., Czuba, W., Kolomiets, E. V., Aleksandrovski, P., Omelchenko, V. D., Komminaho, K., Guterch, A., Tiira, T., Gryn, D. N., Legostaeva, O. V., Thybo, G., & Tolkunov, A. V. (2017a). Crustal and upper mantle velocity model along the DOBRE-4 profile from North Dobruja to the Central Region of the Ukrainian Shield: 1. Seismic data. *Physics of the Solid Earth*, 53(2), 193—204. <https://doi.org/10.1134/S1069351317020124>.
- Starostenko, V. I., Janik, T., Gintov, O. B., Lysynchuk, D. V., Środa, P., Czuba, W., Kolomiets, E. V., Aleksandrovski, P., Omelchenko, V. D., Komminaho, K., Guterch, A., Tiira, T., Gryn, D. N., Legostaeva, O. V., Thybo, G., & Tolkunov, A. V. (2017b). Crustal and upper mantle velocity model along the DOBRE-4 profile from North Dobruja to the Central Region of the Ukrainian Shield: 2. Geotectonic interpretation. *Physics of the Solid Earth*, 53(2), 205—213. <https://doi.org/10.1134/S1069351317020136>.
- Wilson, M., & Lyashkevich, Z. M. (1996). Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dnieper-Donets rift, East European Platform. *Tectonophysics*, 268, 65—81. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00234-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00234-X).
- Yvon-Durocher, G., Allen, A. P., Bastviken, D., Conrad, R., Gudasz, C., St-Pierre, A., Thanh-Duc, N., del Giorgio, P. A. (2014). Methane fluxes show consistent temperature dependence across microbial to ecosystems scales. *Nature*, 507, 488—491. <https://doi.org/10.1038/nature13164>.

Integrated geological-geophysical characterization of the zone of the Kherson—Smolensk transregional tectonic suture — deep long-lived magma- and fluid-conducting channel

I. K. Pashkevich, O. M. Rusakov, 2021

S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine

The transregional Kherson—Smolensk suture has been established to be located between large meridional faults of the crystalline crust of the Ukrainian Shield (USH) in a strip of 50—70 km width and separates two microplates of different composition of the Precambrian basement. It is traced by subcrustal mantle heterogeneity in the lithosphere and a change in the relief of the main geodynamic boundary. The suture controls the USH large multiphase magmatic massifs and manifestation of the basic mafic magmatism in the Dniepr-Donets Depression (DDD), which age decreases from south to north from the Early Proterozoic in the shield to the Devonian in the depression. On both sides of it, the crystalline crust differs in a set of parameters including a zone of low velocities in the area of the Novokonstantinovsky ore field of the USH to the east of the Kherson—Smolensk suture, where from DSS data its maximum thickness is 10—15 km in the upper crust. It appears to be a source of abiogenic hydrogen manifestations recorded by mining operations on this field. The Kherson—Smolensk suture, being a transregional mantle feature, unites the existing hydrocarbon manifestation in the USH with the promising hydrocarbon areas of the DDD. The inhomogeneities of the crystalline crust and the uppermost mantle give strong

evidences to classify reasonably the transregional tectonic suture Kherson—Smolensk as a powerful mantle long-lived magmatic and fluid-conducting channel. Ores hows and modern degassing of methane are related to it, with methane being main greenhouse gas.

Key words: Kherson—Smolensk trans-regional suture, inhomogeneities of the crystalline crust, magmatism of the USh and DDD, zone of low velocities of the crystalline crust, degassing of the mantle, abiogenic hydrocarbons.

References

- Valyaev, B. M. (2013). From the genesis of traditional to the genesis of traditional and unconventional accumulations and resources of hydrocarbons. *Electronic scientific journal «Georesources, Geoenergy and Geopolitics»*, (1). Retrieved from <http://oilgasjournal.center.ru/archive/issue/details/1356/1490> (in Russian).
- Haiovskyi, O. V., Bekesha, S. N., Syvko, Ye. M., & Yatsenko, H. M. (2019). Geology and lithological and structural conditions of brecciated rocks localization of the central part of the Ukrainian Shield (as an example of the Hruzskе field of pipe-like bodies). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(6), 93—110. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190068> (in Russian).
- Garkusha, D. N., & Fedorov, Yu. A. (2019). Global methane emissions from geological sources. *International Research Journal*, 3(81). <http://doi.org/10.23670.IRJ.2019.81.3.006> (in Russian).
- Gintov, O. B., & Mychak, S.V. (2011). Geodynamic development of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield for geological-geophysical and tectonophysical data. I. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 33(3), 102—118. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116932> (in Russian).
- Dmitrievskiy, A. N. (2009). *Energy, dynamics and degassing of the Earth. Electronic scientific journal «Georesources, Geoenergy and Geopolitics»*, (1). Retrieved from <http://oilgasjournal.ru/2009-1/1-rubric/dmitrievsky-energ> (in Russian).
- Starostenko, V. I., & Gintov, O. B. (Eds.). (2013). *Kirovograd ore region. Deep structure. Tectonophysical analysis. Deposits of ore minerals*. Kiev: Prastye Ludy, 499 p. (in Russian).
- Korchin, V. A., Burtnyi, P. A., & Karnaukhova, E. E. (2020). The density of magmatic, ultrametamorphic rocks of the Ukrainian Shield in model deep conditions of the Earth's crust (experimental data). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 42(5), 148—171. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i5.2020.215078> (in Russian).
- Korchin, V. A., Burtnyi, P. A., Kobolev, V. P., Rusakov, O. M., Voloshin, L. N., & Alyabyev, A. Ya. (1998). Seismoacoustic studies of gas-emitting structures of the bottom of the north-western part of the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 20(5), 110—117 (in Russian).
- Korchin, V. A., & Rusakov, O. M. (2019). A thermobaric mechanism for the formation of low velocity zones in the crystalline crust of the north-western Black Sea shelf: a new type of traps for abiogenic methane. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(2), 99—111. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164456> (in Russian).
- Levashov, S. P., Yakimchuk, N. A., & Korchagin, I. N. (2010). On the possibility of mapping hydrocarbon accumulations in crystalline rocks by geoelectric methods. *Geoinformatika*, (1), 22—32 (in Russian).
- Muslimov, R. Kh., Trofimov, V. A., Plotnikova, I. N., Ibatullin, R. R., & Goryunov, E. Yu. (2019). *The role of deep degassing of the Earth and the crystalline basement in the formation and natural replenishment of oil and gas reserves*. Kazan, 264 p. (in Russian).
- Nechaev, S. V., Gintov, O. B., & Mychak, S. V. (2019). On the relationship between the rare-earth — rare-metal and gold ore mineralization and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 1. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(1), 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861> (in Russian).
- Pavlenkova, N. I. (2006). Fluid regime of the Earth's upper shells according to geophysical data. The problem of global geodynamics. *Proceedings of the All-Russian Symposium «Deep Fluids and Geodynamics» (Moscow, November 19—21, 2003)* (pp. 201—218). Moscow: Edition

- of the Geological Institute of the Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Pashkevich, I. K., & Bakarzhieva, M. (2013). 3D magnetic model of the Korsun-Novomirgorod pluton and its geological interpretation. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 35(4), 115—126. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v35i4.2013.111427> (in Russian).
- Pashova, N. T., Krivosheya, V. A., Marina, N. V., & Fedorchuk, N. I. (2013). Ring structures of the northern coastal zone of DDZ нні deep migration channels BB — analogs «GASHIMNEY». *Black Sea test site for studying the geodynamics and fluid dynamics of the formation of oil and gas fields. Abstracts of the XI International Conference «Crimea-2013»* (pp. 32—33). Simferopol (in Russian).
- Senin, B. V. (2012). *Report on the program of marine scientific works «Study of the geological structure of pre-Cenozoic sediments and the deep structure of the Black Sea basin», (Ukrainian sector)*. Gelendzhik (in Russian).
- Starostenko, V. I., Lukin, A. E., Rusakov, O. M., Pashkevich, I. K., Kutas, R. I., Gladun, V. V., Lebed, T. V., Maksimchuk, P. Ya. Legostaeva, O. V., Makarenko, I. B. (2012). On the prospects for the discovery of massive hydrocarbon deposits in the heterogeneous traps of the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 34(5), 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i5.2012.116660> (in Russian).
- Starostenko, V. I., Lukin, A. E., Tsvetkova, T. A., & Shumlyanskaya, L. E. (2014). Geofluids and up-to-date display of activation of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 36(5), 3—25. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100/v36i5.111567> (in Russian).
- Starostenko, V. I., Kuprienko, P. Ya., Makarenko, I. B., Savchenko, A. S., & Legostaeva, O. V. (2015). Density heterogeneity of the Earth's crust of the Ingul megablock of the Ukrainian Shield according to the data of three-dimensional gravity modeling. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(3), 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i3.2015.111089> (in Russian).
- Chekunov, A. V. (Ed.). (1992). *Diagram of the deep structure of the lithosphere in the southwestern part of the East European platform. 1: 1,000,000*. Kiev: State Committee for Geology, Geoprognois, Centrgeology, ПО «Belarus», All-Russian Geological Institute, Voronezh State University, 6 p. (in Russian).
- Starostenko, V. I., & Rusakov, O. M. (Eds.). (2015). *Tectonics and hydrocarbon potential of the crystalline basement of the Dnieper-Donetsk depression*. Kiev: Galaktika, 212 p. (in Russian).
- Hurskyy, S. (Ed.). (2007). *Tectonic map of Ukraine. M-b 1:1 000 000*. Kyiv: Publication of the Ministry of Environmental Protection of Ukraine, State Geological Survey (in Ukrainian).
- Tsvetkova, T. A., Bugaenko, I. V., & Zayats, L. N. (2019). The main geodynamic border and seismic visualization of plumes under the East European Platform. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(1), 137—152. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1/2019/158868> (in Russian).
- Tsvetkova, T. A., Bugaenko, I. V., & Zayats, L. N. (2017). Seismic visualization of plumes and super-deep fluids in mantle under Ukraine. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 39(4), 42—54. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i4.2017.107506> (in Russian).
- Shestopalov, V. M., Lukin, A. E., Zgonnik, V. A., Makarenko, A. N., Larin, N. V., & Boguslavskiy, A. S. (2018). *Essays on the degassing of the Earth*. Kiev: Itek-service, 232 p. (in Russian).
- Macgregor, O. (1993). Relationship between seepage, tectonics and subsurface petroleum reserves. *Marine and Petroleum Geology*, 10(6), 606—619. [https://doi.org/10.1016/0264-8172\(93\)90063-X](https://doi.org/10.1016/0264-8172(93)90063-X)Get.
- Ritchie, H., & Roser, M. (2017). *CO₂ and Greenhouse Gas Emissions*. Our World in Data. Retrieved from <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emission>.
- Rusakov, O. M., & Kutas, R. I. (2018). Mantle origin of methane in the Black Sea. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(5), 191—207. <https://doi.org/10.24028/gzh.023-3100.v40i5.2018.147482>.
- Starostenko, V. I., Janik, T., Gintov, O. B., Lysynchuk, D. V., Środa, P., Czuba, W., Kolomiets, E. V., Aleksandrovski, P., Omelchenko, V. D., Komminaho, K., Guterch, A., Tiira, T., Gryn, D. N., Legostaeva, O. V., Thybo, G., & Tolkunov, A. V. (2017a). Crustal and upper mantle velocity

model along the DOBRE-4 profile from North Dobruja to the Central Region of the Ukrainian Shield: 1. Seismic data. *Physics of the Solid Earth*, 53(2), 193—204. <https://doi.org/10.1134/S1069351317020124>.

Starostenko, V. I., Janik, T., Gintov, O. B., Lysynchuk, D. V., Środa, P., Czuba, W., Kolomiets, E. V., Aleksandrovski, P., Omelchenko, V. D., Komminaho, K., Guterch, A., Tiira, T., Gryn, D. N., Legostaeva, O. V., Thybo, G., & Tolkunov, A. V. (2017). Crustal and upper mantle velocity model along the DOBRE-4 profile from North Dobruja to the Central Region of the Ukrainian Shield: 2. Geotectonic interpreta-

tion. *Physics of the Solid Earth*, 53(2), 205—213. <https://doi.org/10.1134/S1069351317020136>.

Wilson, M., & Lyashkevich, Z. M. (1996). Magmatism and the geodynamics of rifting of the Pripyat-Dnieper-Donets rift, East European Platform. *Tectonophysics*, 268, 65—81. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00234-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00234-X).

Yvon-Durocher, G., Allen, A. P., Bastviken, D., Conrad, R., Gudasz, C., St-Pierre, A., Thanh-Duc, N., del Giorgio, P. A. (2014). Methane fluxes show consistent temperature dependence across microbial to ecosystems scales. *Nature*, 507, 488—491. <https://doi.org/10.1038/nature13164>.

Комплексна геолого-геофізична характеристика зони трансрегіонального тектонічного шва Херсон—Смоленськ — глибинного довгоіснуючого магмо- і флюїдопідвідного каналу

І. К. Пашкевич, О. М. Русаков, 2021

Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Установлено, що трансрегіональний шов Херсон—Смоленськ розміщується між великими меридіональними розломами кристалічної кори Українського щита у смузі завширшки 50—70 км і розділяє дві мікроплити з різним складом докембрійського фундаменту. Шов простежується підкоровою неоднорідністю в літосфері й підкоровій мантії проявом надглибинних флюїдів і зміною рельєфу головної геодинамічної границі. Він контролює великі багатофазні магматичні масиви Українського щита і прояв основного мафічного магматизму Дніпровсько-Донецької западини, вік яких зменшується з півдня на північ від раннього протерозою на щиті до девону в западині. По обидва боки від шва кристалічна кора різниться за комплексом параметрів, зокрема і зони знижених швидкостей у районі Новокосятинівського рудного поля Українського щита на схід від шва, де за даними ГСЗ її максимальна товщина у верхній корі становить 10—15 км. Зона, ймовірно, є джерелом проявів абіогенного водню, зафіксованих під час проведення гірничих робіт на рудному полі. Шов Херсон—Смоленськ, будучи трансрегіональною мантією структурою, об'єднує існуючий прояв вуглеводнів на Українському щиті з перспективними вуглеводневими ділянками Дніпровсько-Донецької западини. Наявність неоднорідностей кристалічної кори і верхів мантії дає вагомий підстави обґрунтовано характеризувати трансрегіональний тектонічний шов Херсон—Смоленськ як потужний мантієний довгоіснуючий магматичний і флюїдопідвідний канал, з яким безпосередньо пов'язані рудопрояви і сучасна дегазація, зокрема метану — основного парникового газу.

Ключові слова: трансрегіональний шов Херсон—Смоленськ, неоднорідності кристалічної кори, магматизм Українського щита і Дніпровсько-Донецької западини, зона низьких швидкостей кристалічної кори, дегазація мантії, абіогенні вуглеводні.